



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

# DATALOGGER S ROZHRANÍM ETHERNET

DATALOGGER WITH ETHERNET

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. TOMÁŠ ORÁVIK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Kybernetika, automatizace a měření**

**Student:** Bc. Tomáš Orávik

**ID:** 136568

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2014/2015

## NÁZEV TÉMATU:

**Datalogger s rozhraním Ethernet**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte elektronický datalogger vybavený komunikačním rozhraním Ethernet.

1. Proveďte literární rešerši.
2. Navrhněte a realizujte koncepci systému jako kompaktního mikropočítačového systému s funkcí měření a sběru informací ze sensorů.
3. Vytvořte vhodné rozhraní a připojení pro analogové a digitální sensory a akční členy a dále implementujte vhodné úložné médium.
4. Navrhněte a realizujte elektroniku systému, realizujte DPS, osadte je součástkami a oživte.
5. Vytvořte komplexní programové vybavení, které umožní ovládání a administrování systému.
6. Otestujte funkčnost a demonstруйте ji.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Pavel Herout: Učebnice jazyka C, KOPP, 2004, IV. přepracované vydání, ISBN 80-7232-220-6  
Dle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 9.2.2015

**Termín odevzdání:** 18.5.2015

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

**Konzultanti diplomové práce:**

**doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Práca sa zaoberá návrhom dataloggeru s ethernetovým rozhraním riadeného pomocou DISCOVERY Kitu STM32F429. Datalogger je vybavený ôsmimi digitálnymi vstupmi a tromi analógovými vstupmi. Namerané dáta sú uložené na SD kartu. Ethernetové rozhranie je navrhnuté pomocou modulu LAN8720A od firmy Microchip.

## **Kľúčové slová**

Datalogger, SD karta, Ethernet LAN8720A, digitálne vstupy, analógové vstupy, DISCOVERY Kit STM32F429, web server, SPI, LCD displej

## **Abstrakt**

Thesis deals with Datalogger with Ethernet interface controlled by DISCOVERY Kit STM32F429. Datalogger is equipped with eight digital inputs and three analogue inputs. The measured data are saved on the SD card. The Ethernet interface module is designed using LAN8720A from Microchip.

## **Keywords**

Datalogger, SD card, Ethernet LAN8720A, digital inputs, analog inputs, DISCOVERY Kit STM32F429, web server, SPI, LCD display

### **Bibliografická citácia:**

ORÁVIK, T. *Datalogger s rozhraním Ethernet*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 63 s. Vedúci diplomovej bol práce doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

## **Prehlásenie**

„Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu na tému Datalogger s rozhraním Ethernet som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto diplomovej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, hlavne som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Zb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení časti druhej, hlavy VI., diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Zb.

V Brne, dňa 18.5.2015

.....  
podpis autora

## **Pod'akovanie**

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Zdeňek Bradáč, Ph.D za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní mojej diplomovej práce.

V Brne dňa: 18.5.2015

.....  
podpis autora

## Obsah

Abstrakt.....	3
Kľúčové slová.....	3
Abstrakt.....	3
Keywords.....	3
1 Úvod .....	11
2 DAtalogger .....	12
2.1 Rozdelenie dataloggerov .....	12
2.1.1 Jednouúčelový datalogger .....	12
2.1.2 Viacúčelový datalogger .....	12
2.1.3 Analógové dataloggery.....	12
2.1.4 Digitálne dataloggery .....	12
2.2 Parametre a vlastnosti .....	13
2.2.1 Napájanie .....	13
2.2.2 Komunikačné rozhrania.....	13
2.2.3 Možnosti ukladania nameraných dát .....	14
2.2.4 Analógové a digitálne vstupy .....	14
2.2.5 Vlastnosti .....	14
3 Číslkové meranie analógových veličín.....	15
3.1 Analógovo- analógový prevodník (A/A).....	15
3.2 Antialiasing filter (AAF) .....	15
3.3 Vzorkovač (VZ).....	16
3.4 Analógovo-digitálny prevodník (A/D) .....	16
3.5 Digitálne-digitálny prevod (D/D) .....	16
4 Navrhnuté zariadenie .....	17
4.1 Riadiaca jednotka .....	17
4.1.1 Procesor .....	18
4.1.2 Pamäť.....	18
4.1.3 Radič LCD-TFT .....	18
4.1.4 Externé prerušenia .....	18
4.1.5 Sériové periférne rozhranie (SPI).....	18
4.1.6 Napájanie .....	18
4.1.7 Blokový diagram DISCOVERY KIT .....	19
4.2 Ethernetový modul .....	19
4.3 Pamäťová SD karta.....	20
4.4 Digitálne vstupy.....	21
4.5 Analógové vstupy .....	22
4.6 Napájanie dataloggera .....	25
4.7 Ovládacie a signalizačné prvky .....	27
4.8 Pripojenie navrhnutého zariadenia k DISCOVERY Kitu .....	28
5 Návrh dosky plošných spojov.....	29

6	Programové vybavenie .....	32
6.1	Vývojové prostredie .....	32
6.2	Hlavná slučka .....	32
6.3	GPIO .....	32
6.4	Rozhranie SPI .....	33
6.5	LCD – TFT displej .....	34
6.6	Hodiny reálneho času .....	35
6.7	Analógovo-digitálny prevodník ADS8330 .....	38
6.8	Čítanie digitálnych vstupov .....	40
6.9	SD Karta .....	40
6.10	Ethernet .....	42
7	Test Funkčnosti .....	43
7.1	Hlavný program main .....	43
7.2	Funkčnosť dataloggeru .....	44
8	Záver .....	46
	Literatúra .....	47
	ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV .....	49
	Zoznam príloh .....	50



## Zoznam obrázkov

Obr. 2-1 Bloková schéma dataloggeru [4].....	13
Obr. 3-1 Proces prevedenia analógových veličín do digitálnej formy .....	15
Obr. 4-1 Bloková schéma navrhnutého dataloggera.....	17
Obr. 4-2 Blokový diagram [6] .....	19
Obr. 4-3 Ethernetový modul [8] .....	20
Obr. 4-4 Pripojenie Ethernet PHY modulu [18].....	20
Obr. 4-5 Pripojenie pamätovej karty .....	21
Obr. 4-6 Oddelenie digitálnych vstupov.....	21
Obr. 4-7 Analógové vstupy.....	22
Obr. 4-8 Napäťový sledovač.....	23
Obr. 4-9 Antialiasing filter .....	23
Obr. 4-10 Zapojenie prevodníka.....	24
Obr. 4-11 Referenčný obvod .....	25
Obr. 4-12 Prepínač napätia .....	25
Obr. 4-13 Nabíjací obvod .....	26
Obr. 4-14 Sledovač napätia batérie.....	26
Obr. 4-15 Lineárny stabilizátor 3,3 V.....	27
Obr. 4-16 DC/DC menič.....	27
Obr. 5-1 Doska plošných spojov - strana TOP .....	29
Obr. 5-2 Doska plošných spojov - BOTTOM .....	30
Obr. 5-3 Osadzovací plán súčiastok .....	31
Obr. 6-1 Komunikácia prevodníka [11].....	39
Obr. 7-1 Vývojový diagram.....	43
Obr. 7-2 Funkčnosť dataloggeru.....	44
Obr. 7-3 Pripojenie 24V na digitálne vstupy .....	45

## **Zoznam tabuliek**

Tab. 6-1 Príkazový register CMR [11] .....	38
Tab. 6-2 Konfiguračný register CFR [11] .....	39
Tab. 6-3 Prepočet hodnoty prevodníka na napätie .....	40

# 1 ÚVOD

Cieľom diplomovej práce je navrhnuť datalogger s ethernetovým rozhraním, ktorý bude zaznamenávať namerané dáta na pamäťovú kartu. V práci bude popísané všeobecné rozdelenie dataloggerov, ich vlastnosti a periférie. Budú objasnené štandardné vstupné signály a ich spracovanie pre použitie v dataloggeroch. Práca sa bude ďalej zaoberať návrhom elektrického zapojenia dataloggeru, výberom použitých komponentov a následne návrh dosky plošných spojov. Navrhnutý datalogger bude mať naprogramované funkcie na meranie vstupov.

V súčasnej dobe sa dataloggery používajú v priemysle ako diagnostické zariadenie pre sledovanie rôznych alarmov a porúch. Bývajú vybavené web servermi kvôli jednoduchému prístupu k nameraným údajom a ovládaniu kedy chceme a odkiaľ chceme.

## **2 DATALOGGER**

Datalogger je elektronické zariadenie, ktoré slúži na zaznamenávanie údajov v čase, ktoré dostávame zo snímačov. Väčšinou je vybavený mikroprocesorom, údaje ukladá na pamäťové médium, ako napríklad SD karta. Ďalej obsahuje USB alebo Ethernet rozhranie, cez ktoré je pripojené do PC, displejom na zobrazenie nameraných údajov a obsluhnými tlačidlami. Dataloggery bývajú kvôli prenosnosti napájané z batérií. Zaznamenávajú namerané hodnoty, či už analógových alebo digitálnych signálov.[1]

### **2.1 Rozdelenie dataloggerov**

Dataloggery rozdeľujeme na malé, veľké, jednoúčelové, viacúčelové, analógové a digitálne.

#### **2.1.1 Jednoúčelový datalogger**

Jednoúčelový datalogger slúži na zaznamenávanie dát z jednej meranej veličiny, ako sú napríklad teplota, vlhkosť atď. Má pripojený iba jeden senzor a namerané hodnoty zobrazuje na displeji. Je vybavený niekoľkými tlačidlami na ovládanie. Namerané dáta ukladá do pamäti. Sú cenovo výhodnejšie ako univerzálne dataloggery. Patria ku nim kardiografy, termografy a barografy.[2]

#### **2.1.2 Viacúčelový datalogger**

Viacúčelový (univerzálny) datalogger zaznamenáva namerané hodnoty z viacerých senzorov. Je možné ku nemu pripojiť iba senzory, ktoré majú normalizovaný digitálny alebo analógový výstup, či už napäťový alebo prúdový. [2] Tento typ dataloggerov sa využíva najmä na diagnostiku v priemyselných systémoch.

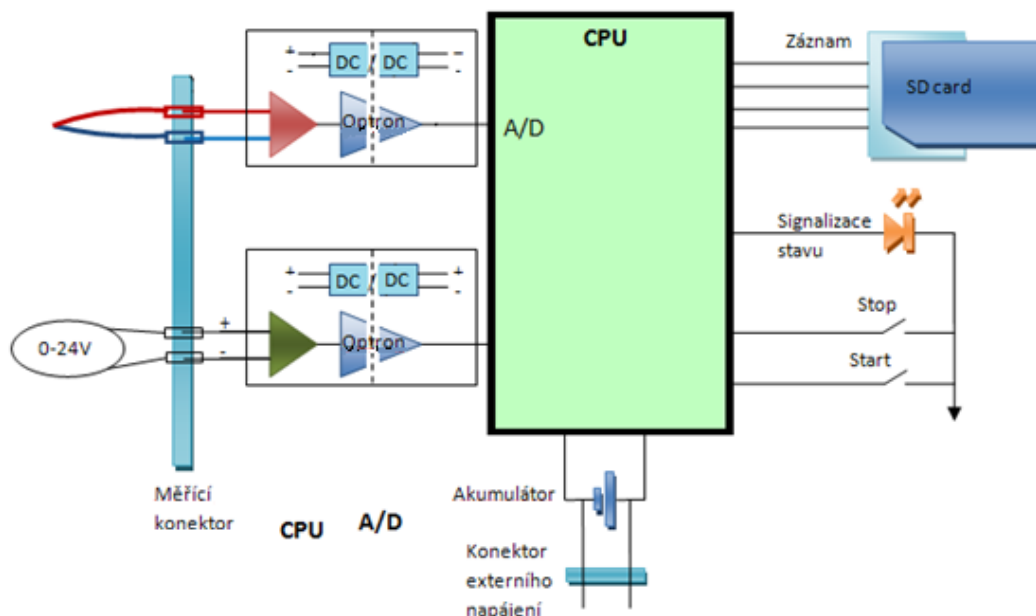
#### **2.1.3 Analógové dataloggery**

Analógové záznamníky (tzv. zapisovače) sú určené ku grafickému záznamu meranej veličiny. Pomenovanie zapisovače dostali vďaka ich funkcií zapisovať pomocou pera meranú veličinu na papier, pričom výchylka závisí od amplitúdy meranej veličiny v čase. Pracujú na mechanickom alebo elektromechanickom princípe [2]. V súčasnosti sú nahradené digitálnymi záznamníkmi.

#### **2.1.4 Digitálne dataloggery**

Číslicové elektronické záznamníky využívajú na záznam nameraných hodnôt pamäťové médium [3]. Sú vybavené rôznymi komunikačnými rozhraniami ako napríklad RS232, USB, ETHERNET. Pre riadenie celého systému sa používajú mikroprocesory. Sú modernejším typom analógových dataloggerov a v súčasnosti sú využívané. Na rozdiel od analógových sú vybavené displejom, ktorý nahrádza pero

a papier. Ich výhodou je, že sú malé, prenosné a pre napájanie používajú nabíjateľné batérie. Majú viac vstupov, preto je možné zaznamenávať viacero meraných veličín. Obsahujú hodiny reálneho času, z ktorých sa robí záznam času, kedy bola veličina meraná. Späťne je možné z týchto vzoriek získať grafický priebeh meranej veličiny v závislosti na čase [2].



Obr. 2-1 Bloková schéma dataloggeru [4]

## 2.2 Parametre a vlastnosti

### 2.2.1 Napájanie

Dataloggery majú pre napájanie pripojené batérie kvôli prenosnosti a pre ich nízku spotrebu. Sú to nabíjacie akumulátory typu AA Li-Ion, Lipol, ktoré sa využívajú kvôli ich veľkej kapacite a malému samovybíjaniu. Zariadenie obsahuje aj nabíjačku na tieto batérie. Veľkosť napájacieho napätia sa pohybuje v rozsahu 5-24V. Je možné ku nim pripájať externé jednosmerné napájacie zdroje.

### 2.2.2 Komunikačné rozhrania

Pre prepojenie zariadení s počítačom sa používajú rôzne komunikačné rozhrania. Pri jednoduchých dataloggeroch hovoríme o základných komunikačných rozhraniach, ako USB, a u starších, sériové linky RS232 a RS485. Zložitejšie dataloggery sú už vybavené priemyselnými rozhraniami ako CAN, Ethernet. Najrozšírenejšie je USB komunikačné rozhranie.

### **2.2.3 Možnosti ukladania nameraných dát**

Dáta merané po nejakú dobu je potrebné zálohovať. V súčasnosti sú veľmi obľúbené SD pamäťové karty s pamäťou flash. Pri dostupných veľkostiach pamäte (4GB) je možné uchovávať až niekoľko miliónov vzoriek. Dĺžka záznamu závisí od periódy vzorkovania, čo v niektorých prípadoch môže byť dlhý záznam až jeden rok.

### **2.2.4 Analógové a digitálne vstupy**

Od zložitosti dataloggerov závisí počet analógových vstupov. Niektoré dataloggery môžu byť vybavené až 32 analógovými vstupmi. Analógové vstupy sú najčastejšie používané v rozsahu 0-10V, 0-5V a 4-20mA. Tieto vstupy musia byť upravené tak, aby vyhovovali vstupnému signálu pre A/D prevodník. Pre prúdovú slučku 4-20mA sa väčšinou používa prevodník prúdu na napätie alebo meranie prúdu pomocou napätia na rezistore. Takto upravené napätie privádzame na A/D prevodníky so štandardným rozsahom 12-16 bitov, kde dostaneme veľkosť napätia v digitálnom tvare. Všetky tieto analógové vstupy musia byť galvanicky oddelené. [2] Najčastejšie sa pripájajú senzory teploty, tlaku a vlhkosti.

Digitálne vstupy sa bežne používajú v priemysle v počtoch 4, 8, 16, 32, pričom ich napätie je 24V. Taktiež aj tieto vstupy musia byť galvanicky oddelené, často používaným oddelením je optočlen, kombinácia diódy a fototranzistora.

### **2.2.5 Vlastnosti**

Modernejšie dataloggery bývajú vybavené rôznymi doplnkami a s väčším počtom vstupov, či už analógových alebo digitálnych.

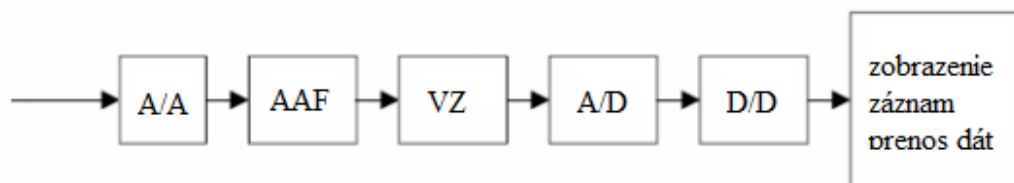
Jedným z nich je bezdrôtové pripojenie na sieť. Je tiež možná online komunikácia z rôznych miest vďaka webovému serveru v zariadení, pripojeniu na internet a počítača. Používajú sa často v diagnostike na hlásenie rôznych alarmov a porúch.

Ďalším doplnkom je GPRS modem, ktorým je možné pripojiť sa na mobilné siete.

Obsahujú tiež grafické displeje, ktoré slúžia na vykreslenie hodnôt v čase priamo na zariadení, prípadne na nastavenie parametrov zariadenia.

### 3 ČÍSLICOVÉ MERANIE ANALÓGOVÝCH VELIČÍN

Ak chceme analógové veličiny ďalej spracovávať je vhodné ich previesť do digitálnej formy, čo realizujeme prostredníctvom šiestich nasledujúcich krokov (Obr. 3-1 )



Obr. 3-1 Proces prevedenia analógových veličín do digitálnej formy

#### 3.1 Analógovo- analógový prevodník (A/A)

Analógová veličina, ktorú chceme merať, nie je vždy vyhovujúca pre A/D prevodník, práve preto je potrebné ju upraviť na inú analógovú veličinu s menším alebo s väčším napäťovým rozsahom. A to tak, aby to vyhovovalo vstupnému rozsahu A/D prevodníku [3]. Niekedy je však potrebné previesť jednu elektrickú veličinu na druhú, napríklad prúd na napätie alebo napätie na frekvenciu. Pri A/A prevodníku musia byť dodržané dynamické vlastnosti v závislosti na meranom signály. Prevodník môže často ovplyvniť offset meraného signálu prípadne jeho nelinearitu. V praxi sa často používajú prevodníky napäťových úrovní alebo prevodníky jednej elektrickej veličiny na inú elektrickú veličinu. Pri prevádzaní vstupného signálu, ktorým je elektrické napätie, nám zvyčajne stačí meraný vstupný signál zosilniť alebo zoslabiť.

#### 3.2 Antialiasing filter (AAF)

Antialiasing filter sa používa pred vzorkovačom, aby obmedzil prienik vyšších harmonických vzoriek, ktoré nevyhovujú vzorkovaciemu teorému pre A/D prevodník, ktorý hovorí že vzorkovacia frekvencia musí byť dvakrát väčšia ako najvyššia frekvencia meraného signálu. Pri nedodržaní vzorkovacieho teorému môže nastať chyba merania. [3] V praxi sa často používa vyššia vzorkovacia frekvencia ako je dvojnásobok meranej frekvencie. Antialiasing filter má za úlohu tieto vyššie harmonické zložky potlačiť tak, aby sa na vstupe A/D prevodníku prejavovali čo najmenej a aby zároveň boli menšie ako kvantizačná chyba A/D prevodníka. Nevýhodou antialiasing filtra je

deformácia fázovej charakteristiky spektra, následkom čoho dochádza k zníženiu presnosti merania. [3]

### **3.3 Vzorkovač (VZ)**

Vzorkovač, ktorý chápeme ako analógovú pamäť, je umiestnený hneď za antialiasing filtrom. Tento blok má za úlohu uchovávať veľkosť meranej analógovej veličiny v okamihoch vzorkovania. Vzorkovaním je rozdelená meraná veličina v čase (kvantovanie) [3]. Toto vzorkovanie by malo prebehnúť v čase blížiacom sa nule, čo nie je možné zrealizovať a tak vzniká chyba, kde nevieme, aká hodnota veličiny je uložená vo vzorkovači, či počiatočná, koncová alebo priemerná. Keďže vzorkovač býva často súčasťou A/D prevodníkov, jeho vlastnosti sú zahrnuté v parametroch A/D prevodníka.

### **3.4 Analógovo-digitálny prevodník (A/D)**

Samotný analógovo-digitálny prevodník nám prevádza navzorkované napätie zo vzorkovača na digitálny signál vyjadrený v binárnej kombinácii. Medzi najpoužívanéjšie typy A/D prevodníkov patria sigma-delta, prevodník s postupnou aproximáciou a prevodníky s dvojitou integráciou, kde každý typ používame na prevod iných elektrických veličín. Dôležitými parametrami A/D prevodníka sú rozlíšenie, maximálna frekvencia vzorkovania, napájacie napätie a druh digitálneho rozhrania.

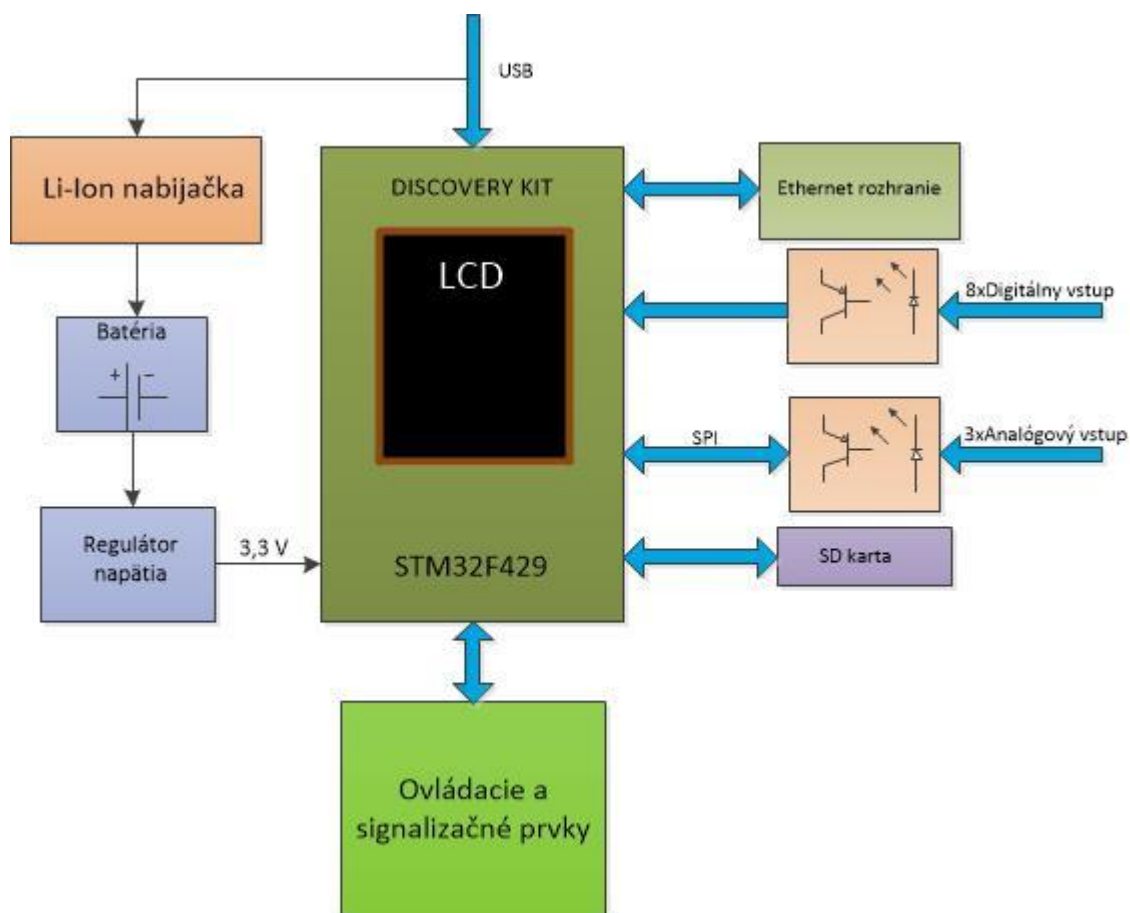
### **3.5 Digitálne-digitálny prevod (D/D)**

Za A/D prevodníkom nasleduje blok digitálne- digitálny prevod, ktorým spracovávame výsledok z A/D prevodníka a prevádzame to na inú digitálnu hodnotu pomocou matematických operácií [3]. Najčastejšie upravujeme zosilnenie, offset a filtráciu. Výsledné hodnoty meraného signálu nemusia byť presné pretože výpočty sa realizujú s konečnou presnosťou, tzn. pevná alebo plávajúca rádova čiarka.



## 4 NAVRHNUTÉ ZARIADENIE

Datalogger, ktorý sme navrhli sa skladá z niekoľkých základných blokov. Nevyhnutnou súčasťou každého dataloggeru je riadiaci jednotka, úložisko nameraných hodnôt, ktoré predstavuje pamäťová SD karta, komunikačné rozhranie, napájací zdroj a samotné analógové a digitálne vstupy. Blokovú schému je možné vidieť na Obr. 4-1



Obr. 4-1 Bloková schéma navrhnutého dataloggera

### 4.1 Riadiaca jednotka

Jednou z možností výberu riadiacej jednotky bol **DISCOVERY KIT STM32f429** od firmy **STMicroelectronics**. Tento kit bol vybraný na základe nasledujúcich parametrov: má v sebe zabudovaný displej, je možná komunikácia z PC pomocou **USB**, programovanie cez **ST-LINK/V2**, možnosť napájania celého kitu externým napätím **3V** a hodiny reálneho času (**RTC**).

### 4.1.1 Procesor

DISCOVERY KIT obsahuje 32-bitový procesor ARM Cortex – M4 z FPU z rodiny STM32F42x, ktorý je najnovšia verzia ARM procesorov pre embedded systémy. Bol vyvinutý pre nízko nákladovú platformu [5]. Kvôli nízkej spotrebe energie je s obmedzeným počtom pinov, ale na druhej strane poskytuje vynikajúci výpočtový výkon.

### 4.1.2 Pamäť

Kit je vybavený dvoma typmi pamätí. Pre ukladanie programov a dát je k dispozícii flash pamäť o veľkosti 2 MB. Ďalej obsahuje 256 KB systémovej pamäte SRAM vrátane 64 KB RAM. Táto pamäť je prístupná pre čítanie aj zápis. Kvôli nežiaducemu prepisovaniu má 4 KB chránenej pamäti, je prístupná iba z CPU a je napájaná z batérie.[5]

### 4.1.3 Radič LCD-TFT

DISCOVERY Kit obsahuje 24– bitový RGB radič, posiela všetky signály priamo na rozhranie LCD a TFT panelov z rozlíšením 1024x768 s funkciami:

*2 zobrazovacie vrstvy z vyhradeným FIFO (64x32-bitov)*

*256 farieb na vrstvu*

*8 vstupných farebných formátov nastaviteľných na vrstvu*

*flexibilné prepínanie medzi dvoma vrstvami*

*4 programovateľné prerušenia. [5]*

### 4.1.4 Externé prerušenia

Radič externých prerušení sa skladá z 23 hranových liniek určených na generovanie prerušení. Každá linka môže byť nezávisle nakonfigurovaná a zamaskovaná. [5]

### 4.1.5 Sériové periférne rozhranie (SPI)

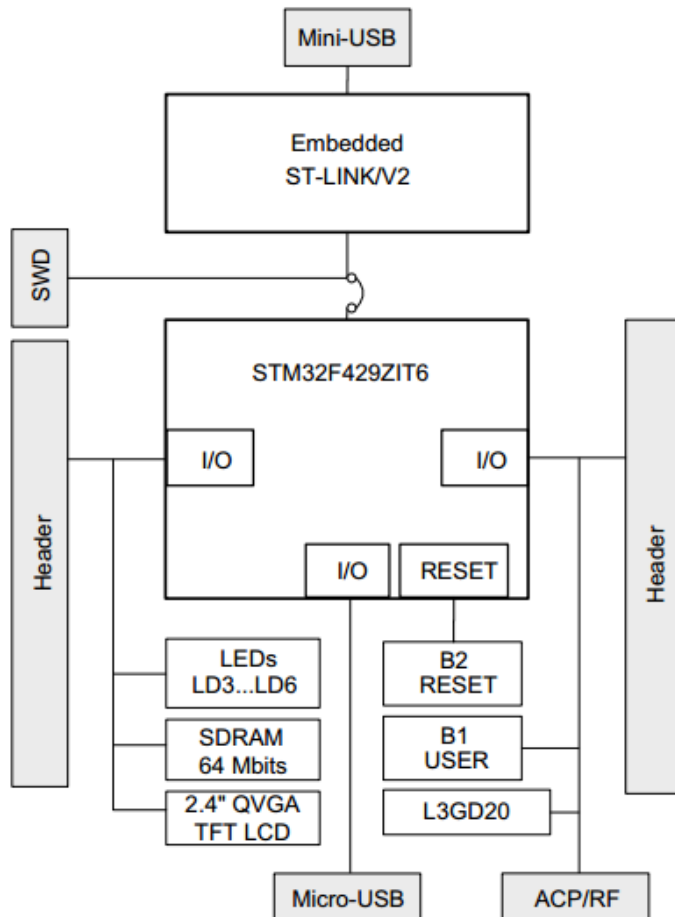
Zariadenie obsahuje 6xSPI v slave aj master móde, s full-duplex a simplex komunikačných módoch. SPI1, SPI4, SPI5 a SPI6 môžu komunikovať rýchlosťou 45 Mbit/s, SPI2 a SPI3 rýchlosťou 22,5 Mbit/s. Šírka rámca je nastaviteľná na 8 alebo 16 bitov. [5]

### 4.1.6 Napájanie

DISCOVERY KIT je možné napájať 3 zdrojmi napätia. Pomocou USB, ST-LINK kábla cez USB konektor umiestnený na doske a pomocou externých zdrojov s veľkosťou napätia 3V alebo 5V, ktoré je potrebné priviesť na dosku. [6]

### 4.1.7 Blokový diagram DISCOVERY KIT

Na Obr. 4-2 môžeme vidieť blokovú schému zariadenia. Pomocou pinových líšt bude zariadenie zasunuté v ďalšej časti dataloggeru, kde sú privedené jednotlivé analógové a digitálne vstupy upravené tak, aby mohli byť privedené na porty procesora.



Obr. 4-2 Blokový diagram [6]

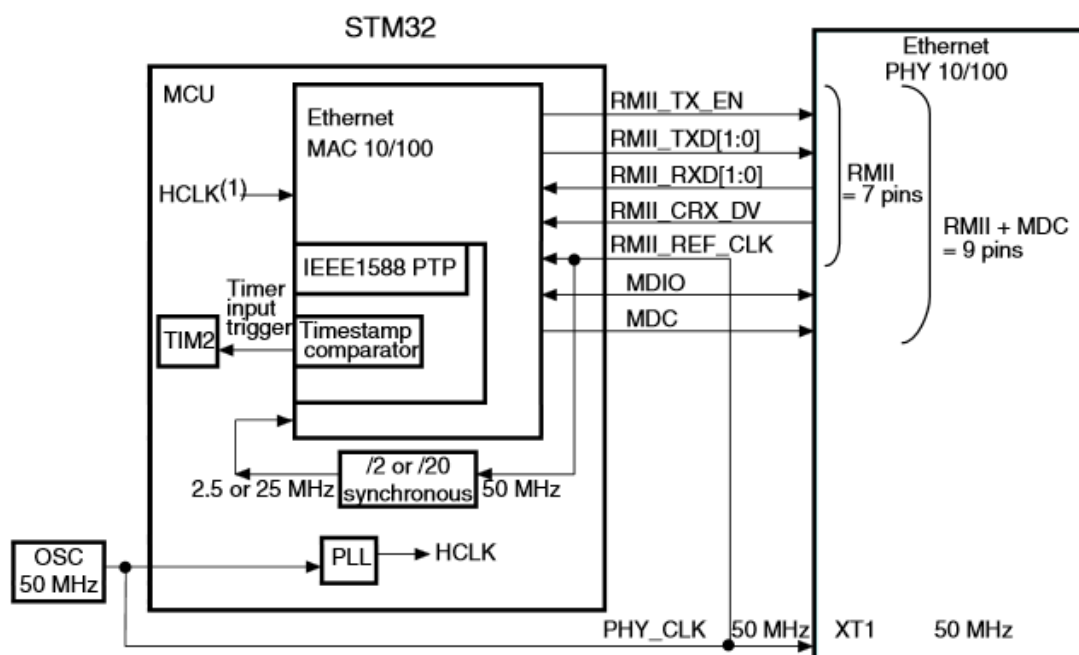
## 4.2 Ethernetový modul

Komunikačné rozhranie je vyriešené pomocou klipového modulu od firmy Mikrochip. Tento modul (Obr. 4-3 ) používa 10BASE-T/100BASE-TX Ethernetový radič LAN8720A. Splňa fyzickú vrstvu pre ethernet, ktorú je potrebné pripojiť k DISCOVERY kitu. Modul obsahuje štandardný konektor RJ-45. Na napájanie tohto modulu stačí 3,3 V. [7]



Obr. 4-3 Ethernetový modul [8]

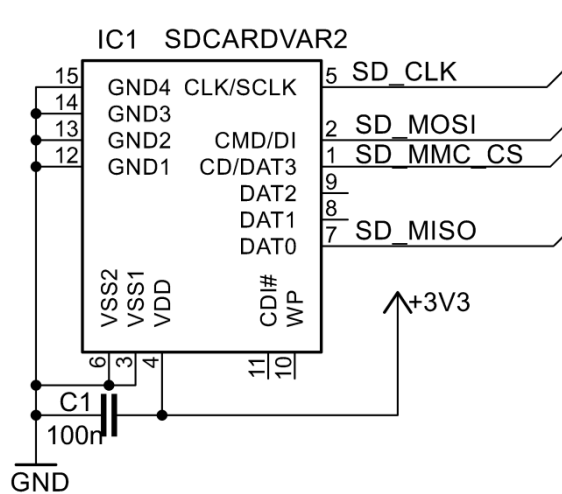
Na Obr. 4-4 je možné vidieť ako je modul pripojený k riadiacej jednotke cez pinové lišty formou RMII, a to signálmi TX\_EN, TXD0, TXD1, RXD1, RXD0, RX\_ER, CRS\_DV, MDC, MDIO, ETH\_IN, ETH\_RST, XTAL1 a CLK\_IN.



Obr. 4-4 Pripojenie Ethernet PHY modulu [18]

### 4.3 Pamäťová SD karta

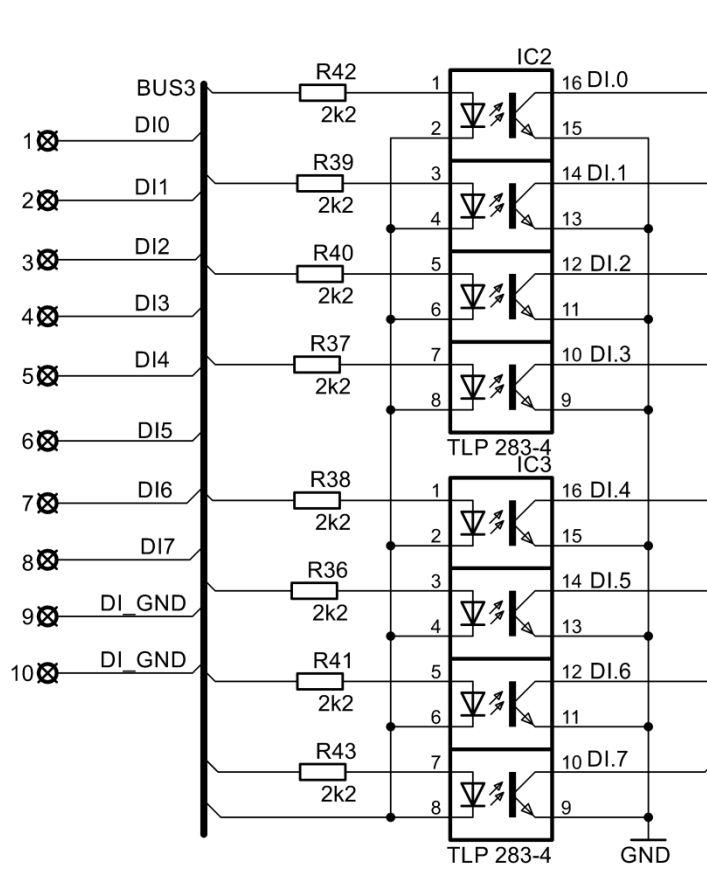
Ako úložisko nameraných dát bola vybraná pamäťová karta typu Multimedia Card a Secure Digital štandardných rozmerov. Karta komunikuje pomocou sériového rozhrania SPI a je napájaná napätím o veľkosti 3,3V. Na oObr. 4-5 môžeme vidieť zapojenie slotu pre kartu. Karta je pripojená k riadiacej jednotke pomocou signálov SD\_MOSI, SD\_MISO, SD\_CLK a SD\_MMC\_CS. Na tieto signály sú pripojené pull-up rezistory.



Obr. 4-5 Pripojenie pamätevej karty

## 4.4 Digitálne vstupy

Datalogger je navrhnutý na vstupné digitálne signály s veľkosťou napätia 24V. Počet týchto signálov je 8. Signály sú galvanicky oddelené od riadiacej jednotky pomocou optočlenov (kombinácia LED dióda a fototranzistor) ako môžeme vidieť na Obr. 4-6 .



Obr. 4-6 Oddelenie digitálnych vstupov

Oddeľovacie obvody IC2 a IC3 TLP 283-4 sú od firmy TOSHIBA, tvoria ich štyri optočleny. Z dokumentácie týchto obvodov boli použité základné údaje ako optimálny prúd prechádzajúci LED diódou a úbytok napätia na LED dióde. Pomocou týchto údajov bolo potrebné vypočítať odpor sériovo pridaný k LED dióde. Izolačné napätie obvodov je 2,5kV. [9]

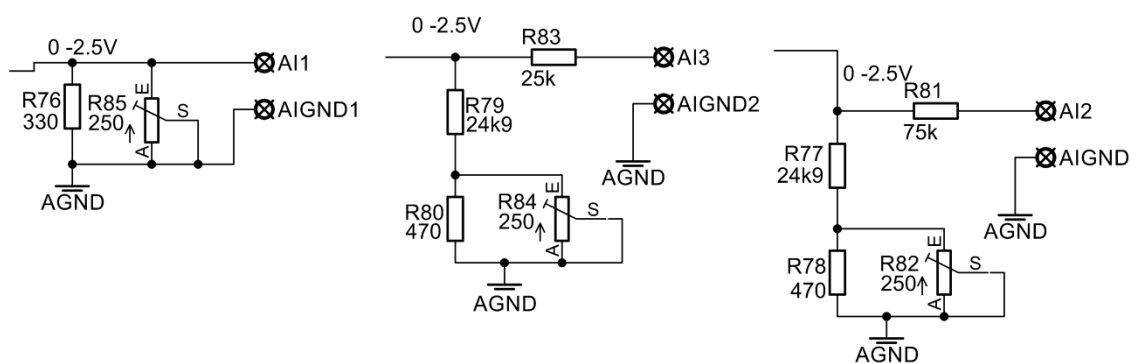
$$R_{1-8} = \frac{U_{DI} - U_D}{I_f} = \frac{24 - 1,15}{0,01} = 2\,285\,\Omega \quad (4.1)$$

kde  $U_{DI}$  odpovedá vstupnému napätiu z digitálneho vstupu,  $U_D$  úbytok napätia na LED dióde a  $I_f$  prúd LED diódou.

K riadiacej jednotke sú oddelené vstupy pripojené signálmi DI.0 až DI.7. Taktiež aj k týmto signálom sú pripojené pull – up rezistory k zaisteniu logickej úrovne.

## 4.5 Analógové vstupy

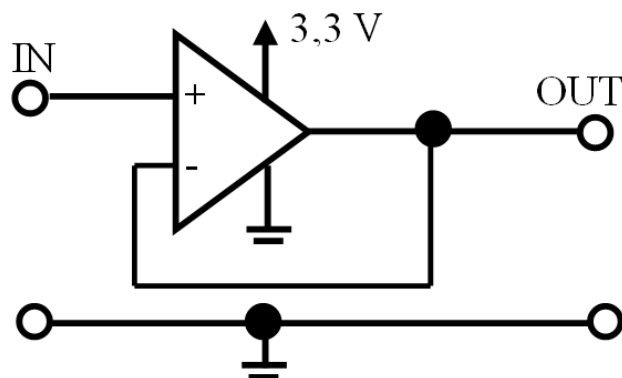
V zariadení boli navrhnuté tri analógové vstupy v štandardných rozsahoch. Dva vstupy sú napäťové 0-5V, 0-10V a jeden prúdový 4-20mA. Napäťové vstupné signály sú upravené odporovými deličmi na veľkosť napätia potrebnú pre rozsah AD prevodníka. Prúdový vstup je prevedený na napätie pomocou bočníka.



Obr. 4-7 Analógové vstupy

Pre prúdový vstup bol vypočítaný bočník a to tak, aby hodnota 20 mA odpovedala napätiu 2,5V. U napäťových vstupných signáloch bol navrhnutý odporový delič, pre signál 0 - 10 V v pomere 3:1 (R22, R24,) a pre signál 0 – 5 V v pomere 1:1 (R28,R30). Kvôli presnému nastaveniu deličov sú do vetiev pridané trimre R27 a R21 paralelne spojené s rezistormi R29 a R23.

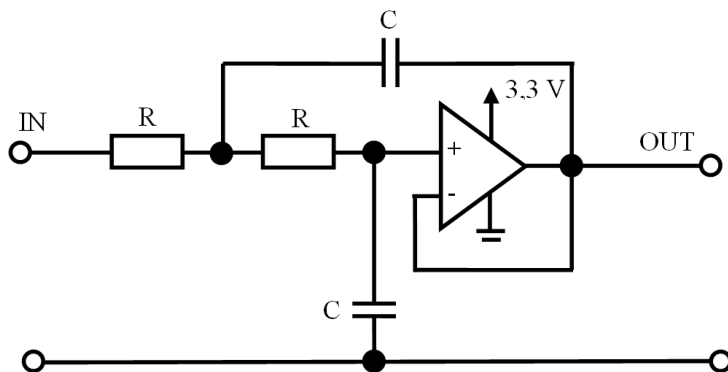
Takto upravené analógové vstupy, ktorých rozsah by nemal presahovať hodnotu napätia 2,5 V sú privedené na napäťový sledovač (Obr. 4-8 ).



Obr. 4-8 Napäťový sledovač

Je to jednoduchý elektronický obvod, ktorý tvorí operačný zosilňovač. Invertujúci vstup má priamo pripojený na výstup, čo zabezpečuje, že výstup nie je zosilnený ani zoslabený. Použitý je kvôli vysokej vstupnej impedancii, čím čo najmenej zaťažuje použitý analógový vstup.

Za týmto obvodom nasleduje obvod antialiasing filter. Ten sa používa kvôli dodržaniu vzorkovacieho teorému ako je už spomínané vyššie. Vybraný bol jeden zo jednoduchých dolno–priepravných filtrov Butterworth (Obr. 4-9 ).



Obr. 4-9 Antialiasing filter

Výpočet prvkov R a C pochádza zo vzťahu

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}, [Hz] \quad (4.2)$$

kde  $f_c$  odpovedá 70% polovice vzorkovacej frekvencie, v našom prípade 350 kHz, veľkosť  $R$  sme zvolili 10kΩ a vypočítaná veľkosť kapacity kondenzátorov vyšla 45pF.

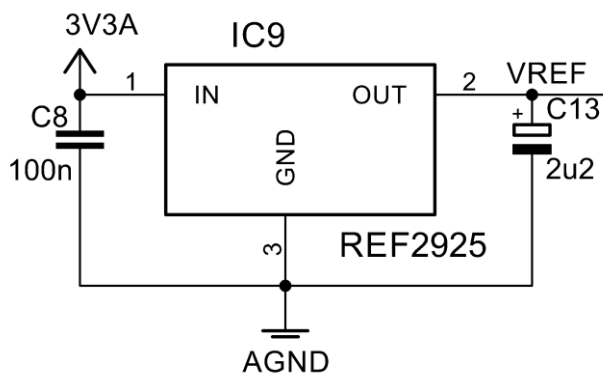
Realizácia sledovačov a filtrov bola pomocou integrovaných obvodov od firmy Texas Instruments TLV2764 a TLV2762 [10]. Obvody boli vybraté na základe nesymetrického napájania 3,3 V a veľmi nízkej spotrebe 20 μA na kanál.

[illegible]

Prevodník je napájaný 3,3 V. Na vstupy prevodníka IC14 sú privedené napät'ové signály a na prevodník IC15 je privedený signál z prúdovej slučky. Zapojenie oboch prevodníkov pochádza z dokumentácie k týmto prevodníkom [11]. Komunikačné a riadiace signály SPI rozhrania sú cez vyššie uvedené optočleny privedené k SPI riadiacej jednotky.

24

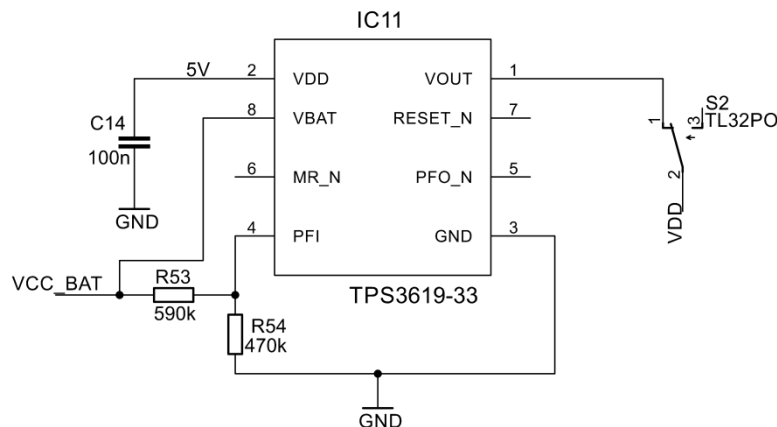




Obr. 4-11 Referenčný obvod

## 4.6 Napájanie dataloggera

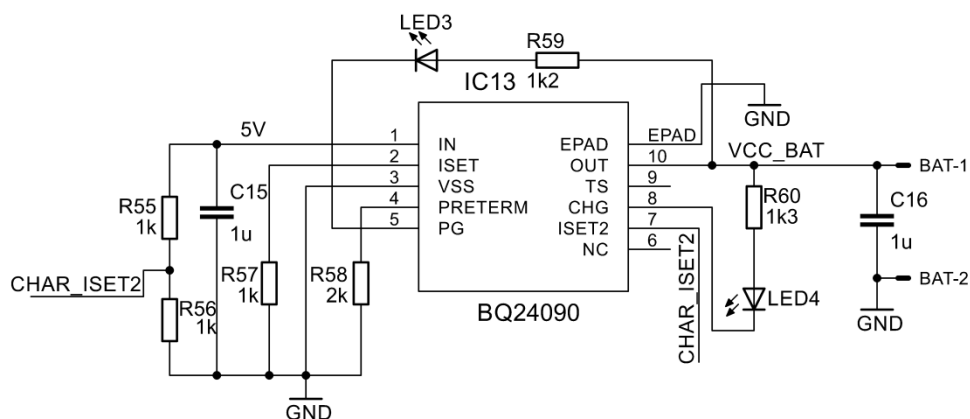
Datalogger môže byť napájaný z dvoch zdrojov. Jedným zo zdrojov je externá jednočlánková Li- pol batéria, ktorej výstupné napätie odpovedá veľkosti 3,7 V. Druhý možný zdroj je pripojenie USB k DISCOVERY Kitu. Prepínanie týchto dvoch zdrojov napätia je riešené pomocou obvodu IC11 TPS3619-3 od firmy Texas Instruments [13]. Tento obvod porovnáva obe privedené napätia. Pri poklese primárneho napätia (USB) pod 70% z nominálnej hodnoty obvod prepne na výstup sekundárne napätie (batéria). Zapojenie pochádzajúce od výrobcu je uvedené na Obr. 4-12



Obr. 4-12 Prepínač napätia

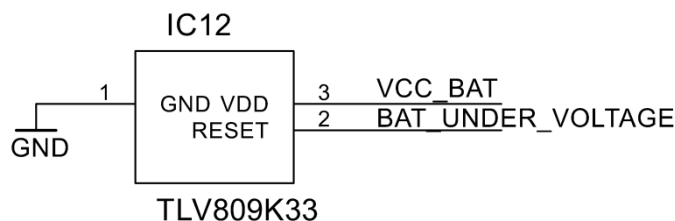
Keď je pripojený primárny zdroj (USB), tak sekundárny zdroj (batéria) je nabíjaný obvodom BQ24090 taktiež od Texas Instruments. Je to jednočlánkový lineárny nabíjací obvod z ochranou proti prebíjaniu. Má možnosť nabíjať dvomi prúdmi a to 100mA a 500 mA. Nakoľko nám DISCOVERY KIT nedovolí odber až 500 mA, obvod je nastavený pomocou odporového deliča (R65, R66) na nabíjací prúd 100 mA. Nabíjací obvod je vybavený dvoma signalizačnými LED diódami, kde jedna signalizuje stav

nabíjačky a druhá dobíjanie batérie. Zapojenie vychádza z dokumentácie [14] od výrobcu.



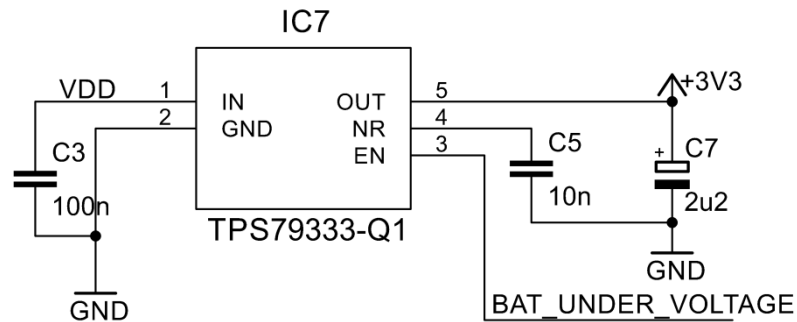
Obr. 4-13 Nabíjací obvod

K nabíjacímu obvodu je pridaný ďalší obvod IC12 TLV809K33 od Texas Instruments [15]. Slúži ako kontrola napätia na batérii, aby nedošlo k zničeniu batérie. Ak napätie klesne pod 2,93 V, tento obvod prestane posielat' logickú jednotku na piny EN lineárnych stabilizátorov, to znamená, že odpojí napájanie dataloggeru.



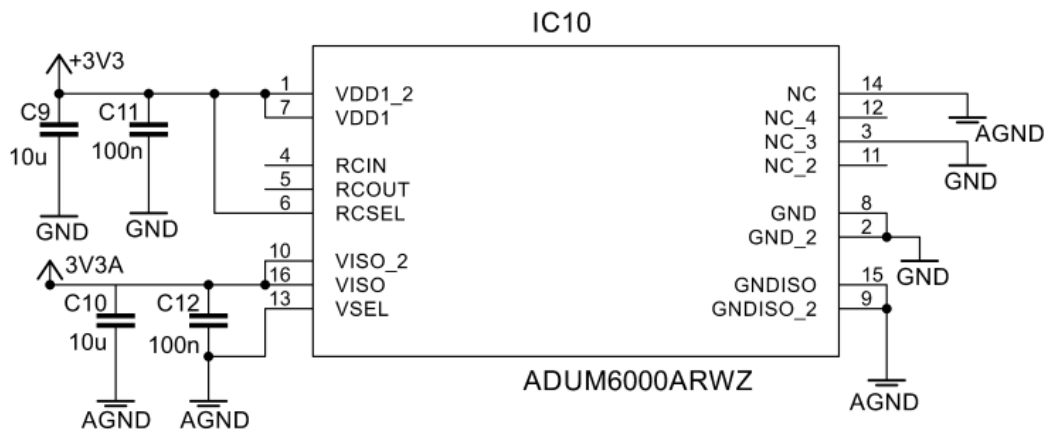
Obr. 4-14 Sledovač napätia batérie

Napätie či už z USB pripojenia alebo z batérie je ďalej stabilizované na dve napät'ové úrovne. Veľkosť jedného napätia, ktoré slúži ako napájanie pre všetky obvody pre spracovanie signálov je 3,3 V. Toto napätie zabezpečujeme obvodom IC10 TPS79333-Q1. Druhé napätie 3 V, ktoré slúži ako napájanie pre DISCOVERY Kit je zabezpečené veľmi podobným obvodom ako je predchádzajúci IC17 TPS79330-Q1. Zapojenie týchto obvodov je použité z dokumentácie [16] a je rovnaké pre obidva obvody.



Obr. 4-15 Lineárny stabilizátor 3,3 V

Napájanie obvodov, ktoré slúžia na úpravu analógových signálov je potrebné napájať oddeleným napájaním. Keďže potrebujeme len jedno napätie o veľkosti 3,3 V je použitý DC/DC menič ADUM6000ARWZ od firmy Analog Devices [17]. Jeho zapojenie môžeme vidieť na Obr. 4-16



Obr. 4-16 DC/DC menič

## 4.7 Ovládacie a signalizačné prvky

Datalogger má navrhnuté štyri ovládacie tlačidlá, ktorými sa bude pohybovať na displeji a ovládať celé zariadenie. V zopnutom stave spínajú logickú úroveň 0 na piny DISCOVERY Kitu.

V zapojení sa nachádzajú aj dve prídavné LED diódy, ktoré budú slúžiť na signalizáciu stavov dataloggeru.

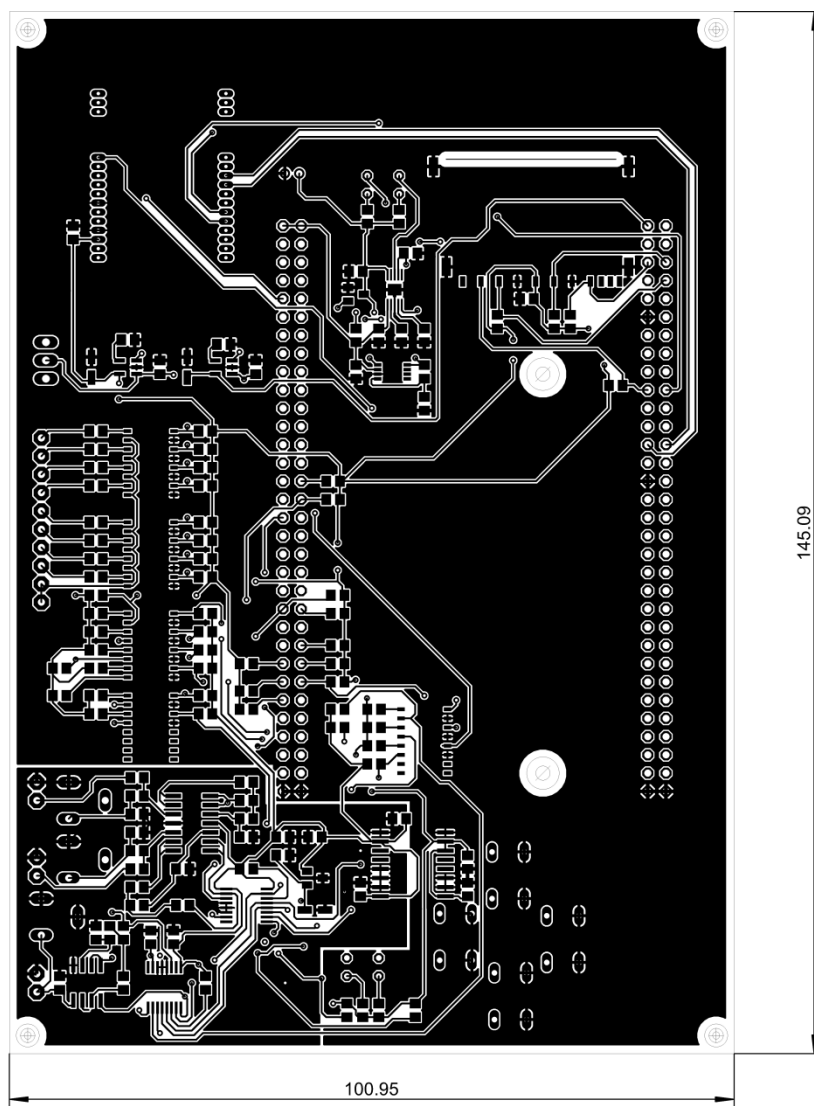
Tlačidlá aj LED diódy majú pripojené pull-up rezistory na dodržanie logickej úrovne.

## **4.8 Pripojenie navrhnutého zariadenia k DISCOVERY Kitu**

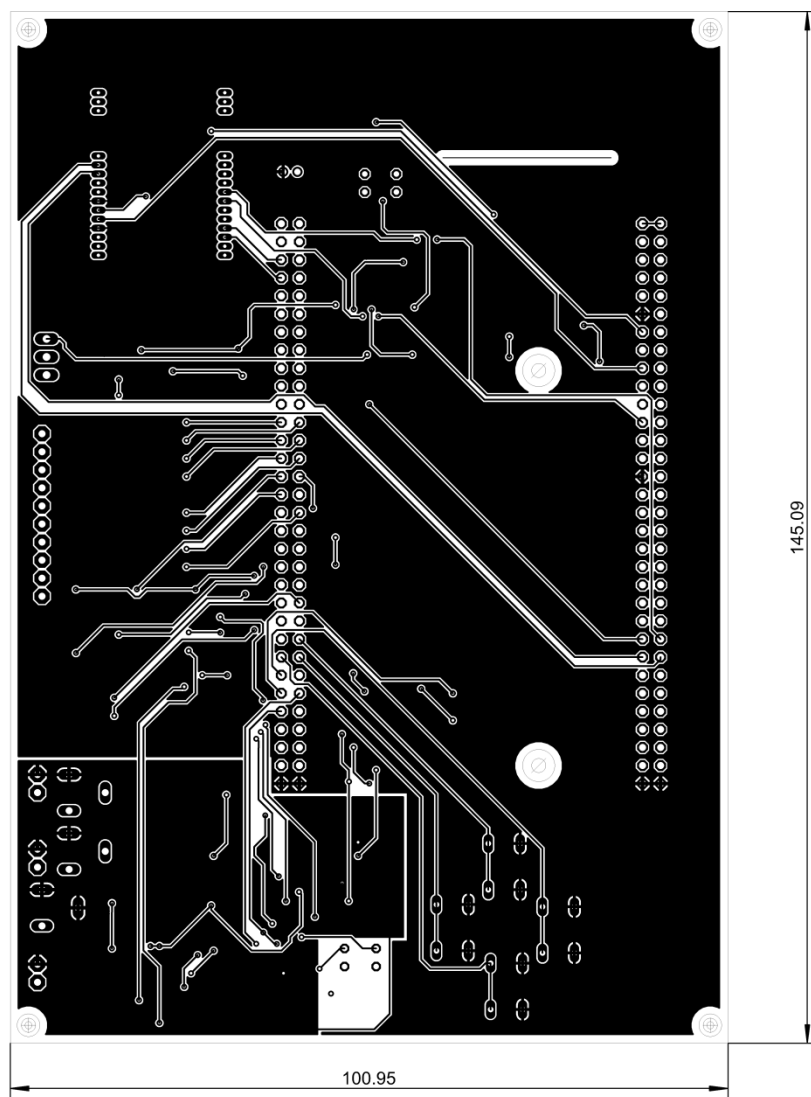
Navrhnuté zariadenie je pripojené k DISCOVERY Kitu pomocou dvoch 2x64 pinových lišt. Použité nie sú všetky piny, len niektoré, cez ktoré sú privedené potrebné signály k procesoru.

## 5 NÁVRH DOSKY PLOŠNÝCH SPOJOV

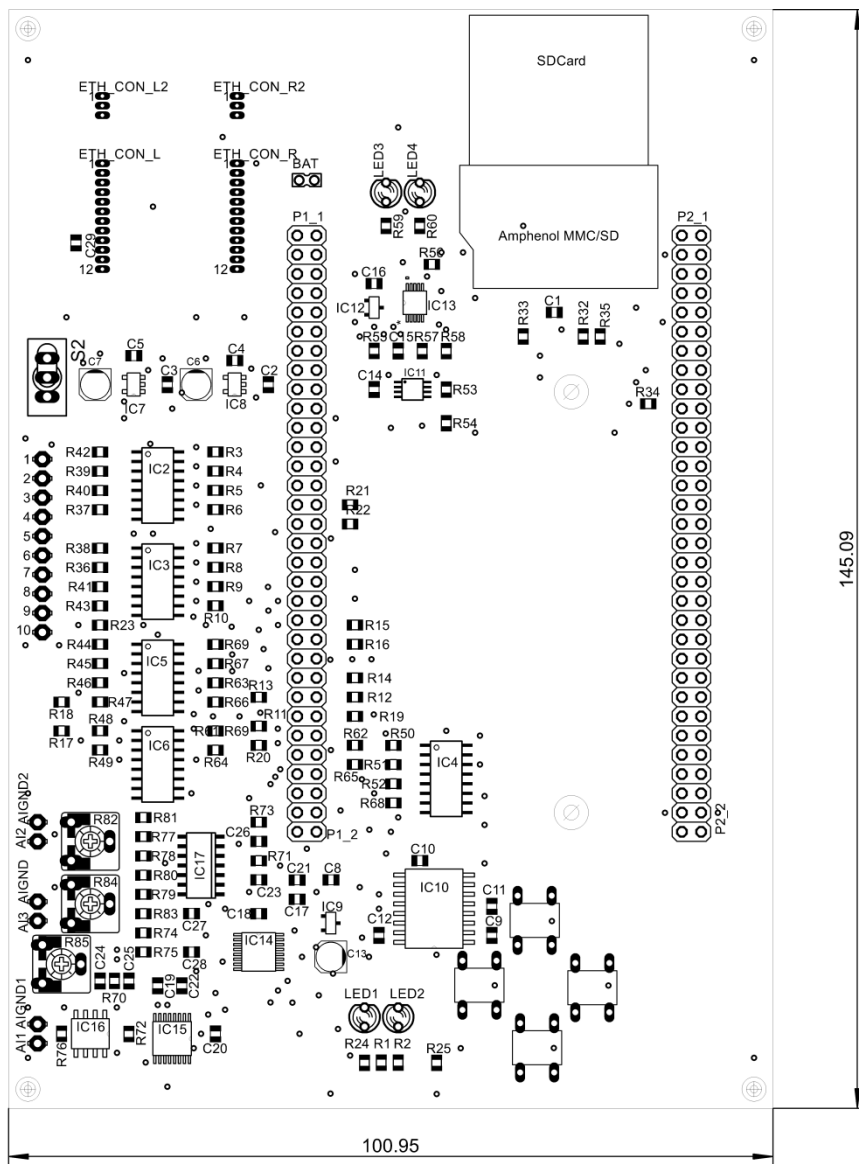
Plošný spoj pre datalogger bol navrhovaný v programe Eagle. Doska má rozmery 100,95x145,09mm. Bola zvolená jednostranná SMD montáž. Na vrchnej strane (TOP) sú umiestnené súčiastky, ktoré budeme potrebovať na ovládanie (tlačidlá), signalizačné LED, slot na SD kartu, konektory vstupov, ethernet modul a DISCOVERY Kit. Ostané súčiastky sú rozmiestnené tak, aby sa dala doska navrhnuť.



Obr. 5-1 Doska plošných spojov - strana TOP



**Obr. 5-2 Doska plošných spojov - BOTTOM**



Obr. 5-3 Osadzovací plán súčiastok

## 6 PROGRAMOVÉ VYBAVENIE

### 6.1 Vývojové prostredie

Pre rodinu mikrokontrolérov STM32F4 sa na trhu nachádza veľa vývojových prostredí, ale nie všetky sú bezplatné. Každé z nich má nejaké obmedzenie. Do úvahy prichádzali tieto štyri vývojové prostredia:

Altium: TASKING VX-Toolset

Atollic: TrueSTUDIO

IAR: EWARM

Keil: MDK-ARM

Zvolili sme vývojové prostredie Keil: MDK-ARM v5.14.0.0, nakoľko toto prostredie má obmedzenú veľkosť kódu na 32kB. Čo sa však neskôr ukázalo na tom, že sa nám nepodarilo nahráť program do kitu, pretože použité knižnice boli veľké. Toto prostredie používa prekladač Armcc v5.05.

### 6.2 Hlavná slučka

Celý systém dataloggeru pracuje v super slučke. Taktovacia frekvencia slučky je 180 MHz. Na začiatku hlavnej funkcie *main* sú zavolané inicializačné funkcie pre jednotlivé komponenty ako napríklad displej, RTC, Ethernet, a prvotná inicializácia DISCOVERY Kitu. Ďalej nasleduje jednoduchý web server doplnený o funkcie merania a zapisovania meraných signálov.

### 6.3 GPIO

Všeobecné vstupy a výstupy sú pre náš datalogger veľmi potrebné, pretože potrebujeme ovládať jednotlivé vstupno-výstupné piny, na ktoré máme pripojené komponenty. Hodnota napätia pre logickú úroveň 1 je 3,3 V a pre logickú úroveň 0 je hodnota 0 V. Za týmto účelom používame štandardnú knižnicu od výrobcu DISCOVERY Kitu *stm32f4xx\_gpio.h*. V tejto knižnici máme definovanú štruktúru *GPIO\_InitTypeDef*. Táto štruktúra obsahuje všetky potrebné nastavenia pre nami zvolené piny a to sú:

- *GPIO\_Pin* (názov pinu, ktorý chceme nastaviť)
- *GPIO\_Mode*
  - o *GPIO\_Mode\_IN* (nastavenie ako vstup)
  - o *GPIO\_Mode\_OUT* (nastavenie ako výstup)
  - o *GPIO\_Mode\_AF* (nastavenie pinu pre alternatívnu funkciu)
  - o *GPIO\_Mode\_AN* (nastavenie pinu ako analógový)
- *GPIO\_OType*



- *GPIO\_OType\_PP* (výstup je typu push-pull)
- *GPIO\_OType\_OD* (výstup je typu otvorený kolektor)
- *GPIO\_PuPd*
  - *GPIO\_PuPd\_UP* (povolenie pull-up rezistora)
  - *GPIO\_PuPd\_DOWN* (povolenie pull-down rezistora)
  - *GPIO\_PuPd\_NOPULL* (zakázanie pull rezistorov)
- *GPIO\_Speed* (určenie rýchlosti pinov)
  - *GPIO\_Speed\_100MHz*
  - *GPIO\_Speed\_50MHz*
  - *GPIO\_Speed\_25MHz*
  - *GPIO\_Speed\_2MHz*

Podľa nastavenia tejto štruktúry je potrebné nastaviť zvolený GPIO port pomocou funkcie *GPIO\_Init*, kde vstupnými parametrami sú ukazateľ na túto štruktúra a GPIO port. Tieto porty sú v rozsahu GPIOA– GPIOK, každý po 16 pinov.

Pre ovládanie jednotlivých pinov sú určené nasledovné funkcie. Na nastavenie výstupného pinu na logickú úroveň 1 používame funkciu *GPIO\_SetBits*, na logickú úroveň 0 funkciu *GPIO\_ResetBits* a na nastavenie opačnej logickej úrovne, v akej sa momentálne pin nachádza, funkciu *GPIO\_ToggleBits*. Všetky tieto funkcie majú rovnaké vstupné parametre, čo sú GPIO port a piny, o ktoré sa jedná.

Pre načítanie pinov určených ako vstupné, používame funkciu *GPIO\_ReadInputDataBit*. Funkcia má rovnaké vstupné parametre ako predchádzajúce funkcie.

Tieto funkcie budeme ďalej používať pre nastavovanie chip-selectu prípadne na čítanie prerušení od komponentov dataloggeru.

## 6.4 Rozhranie SPI

Ako bolo už vyššie spomínané DISCOVERY Kit je vybavený až šiestimi rozhraniami SPI. SPI2 a SPI3 sú podporované na zbernici APB1 (Advanced Peripheral Bus) a ostatné na zbernici APB2. Rozdiel v týchto zberniciach je, že zbernica APB1 je štyrikrát pomalšia ako frekvencia procesora. Zbernica APB2 je pomalšia iba dvakrát. Keďže máme procesor s frekvenciou 180 MHz, tak zbernica APB1 má frekvenciu 45 MHz a zbernica APB2 90 MHz [20].

Pre komunikáciu po SPI je ešte použitá predelička. Minimálna hodnota predeličky je 2 a maximálna 128. To znamená, že maximálna frekvencia pre SPI na APB1 je 22,5 MHz a pre SPI na zbernici APB2 45 MHz.

Pre používanie týchto SPI je dostupná knižnica *tm\_stm32f4\_spi.h* [19]. V súbore *defines.h* je potrebné si na začiatku definovať, aká bude predelička pre používanú SPI, s koľko bitovými dátami budeme pracovať, či prvý bit po komunikácii bude najmenej alebo najviac významný, či DISCOVERY Kit bude vo funkcii master alebo slave

a samotný mód komunikácie CPOL a CPHA. Základné nastavenie pre všetky SPI je nasledovné, ktoré môžeme podľa potreby zmeniť:

```
#define TM_SPI4_PRESCALER    SPI_BaudRatePrescaler_32
#define TM_SPI4_DATASIZE    SPI_DataSize_8b
#define TM_SPI4_FIRSTBIT    SPI_FirstBit_MSB
#define TM_SPI4_MASTERSLAVE SPI_Mode_Master
#define TM_SPIx_MODE        TM_SPI_Mode_0
```

Jednou z hlavných funkcií tejto knižnice je funkcia na inicializáciu nami vybratej SPI *TM\_SPI\_InitFull*, kde vstupnými parametrami sú:

- *SPI\_TypeDef\* SPIx* (kde x označuje o ktorú SPI ide)
- *TM\_SPI\_PinsPack\_t pinspack* (nastavenie pinov použitých pre danú SPI)
- *TM\_SPI\_Mode\_t SPI\_Mode* (nastavenie módu SPI)
- *uint16\_t SPI\_BaudRatePrescaler* (nastavenie predeličky)
- *uint16\_t SPI\_Mode* (nastavenie master alebo slave)
- *uint16\_t SPI\_FirstBit* (nastavenie prvého bitu pre prenos)

Po inicializácii SPI môžeme posielat' dáta. K tomuto nám slúži funkcia *TM\_SPI\_Send*. Jej vstupnými parametrami sú:

- *SPI\_TypeDef\* SPIx*
- *uint8\_t data* (dáta na poslanie)

Táto funkcia načíta dáta do zásobníka na posielanie, čaká dokiaľ sa dokončí prenos a vráti spätne prijaté dáta po komunikácii. Ďalšou veľmi podobnou funkciou na posielanie dát po SPI je *TM\_SPI\_Send16*. Rozdiel od predchádzajúcej funkcie je v tom, že posielá dáta 16-bitovej dĺžky.

V knižnici je ešte veľa funkcií, ktoré nebudeme používať.

## 6.5 LCD – TFT displej

STM32F429 DISCOVERY Kit obsahuje LCD displej s ILI9341 radičom. Rozlíšenie má 240 x 320 pixelov s 65536 alebo 262144 rozličných farieb (16-bitov alebo 18-bitov). Tento displej je pripojený pomocou komunikácie SPI5. V knižnici *tm\_stm32f4\_ili9341.h*, ktorá je verejne dostupná na webových stránkach [19], ako aj ostatné knižnice pre programovanie tohto kitu, sú napísané funkcie na riadenie displeja. Niektoré z týchto funkcií budeme používať, ale nie však všetky.

Ako je už vyššie spomínané, displej je pripojený na SPI5, čo odpovedá pinom PF8(MISO), PF9(MOSI), PF7(SCK), PC2(CS), PD13(Data/Command Register) a PD12(Reset). Napájaný je 3,3V.

V súbore *defines.h*, ktorý nám slúži na rôzne definície, sme si zadefinovali jednotlivé porty a piny, podľa toho ako máme displej pripojený. Je to potrebné, pretože použitá knižnica je napísaná pre viacero typov zariadení.

```
//display
#define ILI9341_SPI SPI5
#define ILI9341_SPI_PINS TM_SPI_PinsPack_1
#define ILI9341_CS_PORT GPIOC
#define ILI9341_CS_PIN GPIO_Pin_2
#define ILI9341_WRX_PORT GPIOD
#define ILI9341_WRX_PIN GPIO_Pin_13
#define ILI9341_RST_PORT GPIOD
#define ILI9341_RST_PIN GPIO_Pin_12
```

Na začiatku používania displeja je potrebné ho zinicilizovať. Práve na toto používame funkciu *TM\_ILI9341\_Init*, ktorá obsahuje ďalšie inicializačné funkcie, ako nastavenie pinov na GPIO, posielanie jednotlivých príkazov po SPI, tak aby displej bol nastavený ako vyžadujeme. Ďalšou funkciou, čo budeme využívať je funkcia *TM\_ILI9341\_Rotate*, ktorou nastavíme orientáciu displeja buď na šírku alebo výšku. Vstupným parametrom tejto funkcie môžu byť štyri makrá, dve na výšku a dve na šírku.

Pre vypisovanie na displej je použitá funkcia *TM\_ILI9341\_Puts*, so vstupnými parametrami:

- *uint16\_t x* (pozícia x)
- *uint16\_t y* (pozícia y)
- *char \*str* (ukazateľ na vypisovaný reťazec)
- *TM\_FontDef\_t \*font* (ukazateľ na typ písma)
- *uint32\_t foreground* (farba textu)
- *uint32\_t background* (farba pozadia za textom)

Táto knižnica obsahuje ešte veľa funkcií, ktoré my nebudeme používať. Tie sú napríklad vyliatie pozadia rôznou farbou a o rozličných tvaroch, vypísanie jedného pixelu, vykreslenie rovnej čiary.

K tejto knižnici je potrebná ešte knižnica *tm\_stm32f4\_fonts.h*, v ktorej sú nadefinované 3 znakové sady, a to o rozmeroch 7x10, 11x18, 16x26 pixelov. My budeme používať len jednu znakovú sadu 7x10 pixelov.

## 6.6 Hodiny reálneho času

DISCOVERY Kit má v sebe interné zariadenie hodín reálneho času, ktoré pracujú s podporou vnútorného kalibrovaného oscilátora 32768 Hz alebo externého 32768 Hz kryštálu. RTC je vybavené dennými hodinami, kalendárom, dvomi programovateľnými

alarmami a programovateľným prebudením na základe prerušenia. Dokáže pracovať aj v režime z nízkou spotrebou. Dva 32-bitové registre pozostávajú zo sekúnd, minút, hodín v 12 aj 24-hodinovom formáte, dňa, mesiaca a roka. Obsahuje kompenzáciu počtu dní v mesiaci, čo sa týka aj priestupného roku. Ďalší 32-bitový register slúži na naprogramovanie alarmov, čo ale v našej práci nebudeme využívať. RTC dokáže pracovať, keď je DISCOVERY Kit je v normálnom a nízkoenergetickom móde, aj počas resetu. To zabezpečuje pripojené napätie na 1,2 – 3,6 V na pin V<sub>BAT</sub>.

Na začiatku našej práce s RTC, bolo potrebné spraviť menšie úpravy na DISCOVERY Kite, a to pridaním externého kryštálu 32768 Hz. Kryštál bol osadený na vopred určenú pozíciu na kite. Pre funkčnosť bolo ešte potrebné pridať dva kondenzátory s kapacitou 6,8 pF a odstrániť niektoré prepoje, aby na vstup RTC bol pripojený ten správny kryštál. Keby sme chceli použiť vnútorný oscilátor RTC, tak by sme dosiahli veľkej nepresnosti, čo bolo 2 sekundy za minútu.

V našom programe sme opäť použili knižnicu z webových stránok [19] *tm\_stm32f4\_rtc.h*, z ktorej použijeme len niektoré funkcie pre nás potrebné. V knižnici je definovaných niekoľko štruktúr. Prvou z nich, ktorú budeme používať je štruktúra *TM\_RTC\_Time\_t*. Obsahuje:

- *uint8\_t seconds* (možnosť nastavenia 0 až 59)
- *uint16\_t subseconds*
- *uint8\_t minutes* (možnosť nastavenia 0 až 59)
- *uint8\_t hours* (možnosť nastavenia 0 až 23)
- *uint8\_t day* (možnosť nastavenia 1 až 7, kde 1 znamená pondelok)
- *uint8\_t date* (možnosť nastavenia 1 až 31)
- *uint8\_t month* (možnosť nastavenia 1 až 12)
- *uint8\_t year* (možnosť nastavenia 0 až 99, kde 0 znamená rok 2000)
- *uint8\_t unix* (počet sekúnd od 1.1.1970 0:00:00)

Túto štruktúru budeme používať pre nastavenie hodín a kalendáru, a následné vyčítanie času do nej. Ďalšou štruktúrou, s ktorou budeme pracovať je *TM\_RTC\_ClockSource\_t*. Tá slúži na určenie oscilátora pre hodiny. Obsahuje:

- *TM\_RTC\_ClockSource\_Internal*
- *TM\_RTC\_ClockSource\_External*

V tejto knižnici je možné si vybrať ako často nám bude RTC posielat' prerušenie. To nám zabezpečuje štruktúra *TM\_RTC\_Int\_t* s obsahom:

- *TM\_RTC\_Int\_Disable*
- *TM\_RTC\_Int\_60s*
- *TM\_RTC\_Int\_30s*
- *TM\_RTC\_Int\_15s*
- *TM\_RTC\_Int\_10s*
- *TM\_RTC\_Int\_5s*
- *TM\_RTC\_Int\_2s*
- *TM\_RTC\_Int\_1s*
- *TM\_RTC\_Int\_500ms*
- *TM\_RTC\_Int\_250ms*
- *TM\_RTC\_Int\_125ms*

Prvou funkciou, ktorú budeme používať je *TM\_RTC\_Init* so vstupným parametrom *TM\_RTC\_ClockSource\_External*. V tejto funkcii sa nám povolí napájanie pre zbernicu APB1, prečíta sa nastavenie záložných registrov RTC. Ak sú registre správne nastavené, znamená to, že nedošlo k strate napájania, teda nemusia sa znovu nastavovať. V prípade, že došlo k strate napájania, musí sa postupne nastaviť zdroj hodín, musia sa tiež nastaviť hodiny a dátum na 0:00:00 1.1.1970, od ktorého sa bude ďalej počítat čas. Ak bolo RTC prvýkrát nastavené, tak návratová hodnota funkcie je 0. Ak bolo nastavené už predtým, tak nám vráti nenulovú návratovú hodnotu.

Ďalšou funkciou, ktorá bude pre nás potrebná je nastavenie času a dátumu. *TM\_RTC\_SetDateTime* je funkcia, ktorú budeme na to používať. Vstupné parametre tejto funkcie sú vyššie uvedená štruktúra *TM\_RTC\_Time\_t* naplnená časom a dátumom, ktorý chceme nastaviť a formát, v akom je štruktúra naplnená. Tento formát môže byť binárny alebo BCD. Keby bol zadaný formát BCD, tak funkcia si údaje so štruktúry prevedie do binárneho formátu. Pokiaľ by bol zadaný čas a dátum v nekorektnej hodnote, tak funkcia vráti chybu. Ak je v správnych hodnotách, tak údaje zapíše do záložných registrov RTC a funkcia vráti hodnotu 0.

Tak ako máme funkciu na nastavenie hodín, máme aj funkciu na vyčítanie hodín, ktoré budeme chcieť ďalej používať v programe. Táto funkcia sa volá *TM\_RTC\_GetDateTime*. Má rovnaké vstupné parametre ako predchádzajúca funkcia, ale pracuje presne naopak. Na začiatku prečíta hodnoty zo zálohovacích registrov, a vloží ich do štruktúry.

Keďže potrebujeme, aby nám RTC dávalo znamenie, že práve teraz prešiel istý časový úsek, tak si potrebujeme povoliť prerušenia od RTC. Na to použijeme funkciu *TM\_RTC\_Interrupts*, do ktorej ako vstupný parameter zapíšeme jeden z časových údajov zo štruktúry *TM\_RTC\_Int\_t*.

Knižnica obsahuje ešte mnoho funkcií, ktoré nebudú potrebné pre náš datalogger. Napríklad prepočty časových formátov, získanie počtu dní v mesiaci a rôzne funkcie pre použitie alarmov.

## 6.7 Analógovo-digitálny prevodník ADS8330

Pre datalogger bol navrhnutý vysokorýchlostný nízkoenergetický AD prevodník s postupnou aproximáciou ADS8330 [11], ktorý používa externý referenčný obvod. Prevodník je vybavený internými hodinami, ktoré používa pre prevod, ale môže na prevod použiť externé hodiny z SPI. Tie však musia mať maximálnu periódu 1  $\mu$ s. Ďalej prevodník má dva analógové vstupy, z ktorých je možné programovo vybrať, ktorý z nich bude použitý na prevod, alebo obidva.

Tento prevodník podporuje tri napájacie režimy. Jedným z nich je normálny režim, kde prevodník je stále zapnutý. V tomto režime môže mať odber prúdu až 7 mA. V druhom režime „dlhý spánok“ má odber prúdu iba 4 nA. Na prebudenie z tohto režimu slúži príkaz 1011b. V treťom režime „krátky spánok“ má prevodník odber prúdu 0,3 mA.

Prevodník pracuje v dvoch módoch na prevod. Prvý mód je automatické trigrovanie, kde prevodník pracuje sám hneď po zahájení komunikácie po SPI. Jeden prevodný cyklus trvá 21 vzostupných hrán hodín. Druhý mód je manuálne trigrovanie, kde prevod spustíme zostupnou hranou signálu CONVST. Tento prevod môže trvať viac ako 21 vzostupných hrán hodín.

Interný 16-bitový register prevodníka sa skladá z dvoch častí. Prvé štyri bity zľava sú príkazový register CMR a ďalších 12 bitov slúžia ako konfiguračný register CFR. Jednotlivé príkazy môžeme vidieť v Tab. 6-1.

Tab. 6-1 Príkazový register CMR [11]

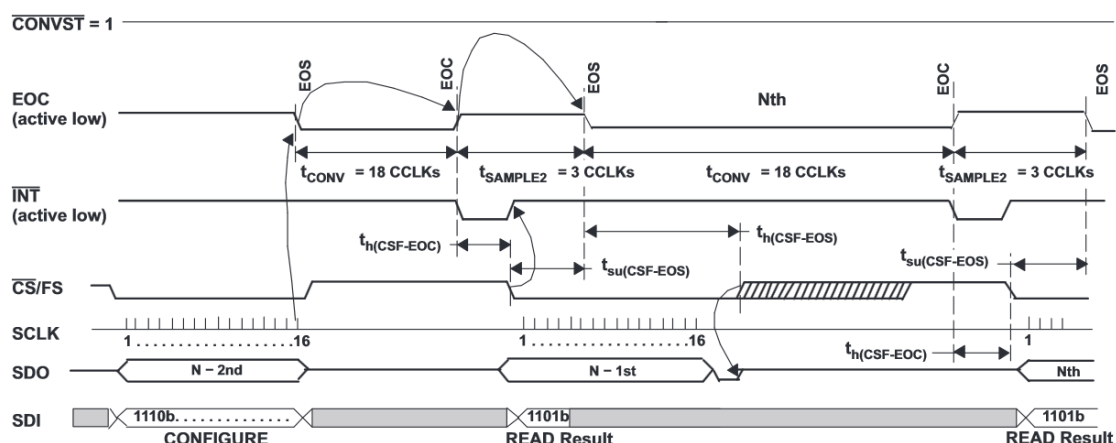
Bity [15:12]	HEXA	Príkaz	Bity [11:0]
1011b	Bh	Zobudenie	Nepodstatné
1100b	Ch	Čítanie registra CFR	Nepodstatné
1101b	Dh	Čítanie dát	Nepodstatné
1110b	Eh	Zápis do registra CFR	Hodnota registra CFR
1111b	Fh	Výrobné nastavenie registra CFR	Nepodstatné

Na konfiguráciu prevodníka je potrebné zapísať hodnotu do CFR registra. Nastavenie je možné vidieť v nasledujúcej Tab. 6-2.

Tab. 6-2 Konfiguračný register CFR [11]

CFR bity[11-0]	Bit = 0	Bit = 1
Bit 11	Manuálny výber kanálu	Automatický výber kanálu
Bit 10	Zdroj hodín pre prevod externý	Zdroj hodín pre prevod interný
Bit 9	Automatické trigrovanie	Manuálne trigrovanie
Bit 8	Nepodstatný	Nepodstatný
Bit 7	EOC alebo INT aktívny v 1	EOC alebo INT aktívny v 0
Bit 6	Použitie pinu 10 ako INT	Použitie pinu 10 ako EOC
Bit 5	Použitie pinu 10 ako CDI vstup	Použitie pinu 10 ako INT/EOC
Bit 4	Povolenie automatického režimu spánku	Zakázanie automatického režimu spánku
Bit 3	Aktivácia krátkého spánku	Zobudenie z krátkého spánku
Bit 2	Aktivácia dlhého spánku	Zobudenie z dlhého spánku
Bit 1	Zakázanie Tag bitu	Povolenie Tag bitu
Bit 0	Reset	Normálny režim

Komunikáciu tohto prevodníka môžeme vidieť na Obr. 6-1 . To platí pre automatické trigrovanie, použitie interných hodín a EOC/INT sú aktívny v nule.



Obr. 6-1 Komunikácia prevodníka [11]

Prevodník je pripojený na SPI4, ktorú si zinicilizujeme pomocou vyššie uvedenej funkcie. Aktivujeme CS pre tento prevodník a pošleme cez SPI nastavenie prevodníka aké potrebujeme. Počkáme dokiaľ sa dokončí prenos a deaktivujeme prevodník. Keď nám príde prerušenie od prevodníka aktivujeme znovu CS a pošleme po SPI príkaz na čítanie dát a čakáme na prerušenie. Tento proces sa stále opakuje. Prevodník nám naspäť po SPI posiela prevedené dáta v ako 16– bitovú hodnotu. Prepočítané hodnoty prevodníka na napätie môžeme vidieť v Tab. 6-3

Tab. 6-3 Prepočet hodnoty prevodníka na napätie [11]

Analogová hodnota	Binárny kód	Hexa kód
2,5 V	1111 1111 1111 1111	FFFF
1,25 V	1000 0000 0000 0000	8000
0 V	0000 0000 0000 0000	0000

Tieto prevodníky používame v dataloggeri dva. Jeden na prevod dvoch napätí 0 – 5 V a 0 – 10 V. Druhý prevodník používame na prevod prúdovej slučky 0 – 20 mA. Komunikácia týchto prevodníkov sa nepodarila sfunkčniť, pretože galvanické oddelenie tejto komunikácie, optočlen [9], nebolo vhodné na vysokorýchlostnú komunikáciu, ktorú tento prevodník vyžaduje. Najväčšia frekvencia, s ktorou optočlen dokáže pracovať je 10 kHz. Prevodník vyžaduje frekvenciu 1 MHz.

## 6.8 Čítanie digitálnych vstupov

Na čítanie digitálnych vstupov bola napísaná knižnica *read\_inputs.h*. Knižnica obsahuje štruktúru *DigiInputs\_t*, ktorá obsahuje:

```
uint8_t DInput_0
uint8_t DInput_1
uint8_t DInput_2
uint8_t DInput_3
uint8_t DInput_4
uint8_t DInput_5
uint8_t DInput_6
uint8_t DInput_7
```

Táto štruktúra nám slúži na zapísanie hodnôt, ktoré vyčítame z jednotlivých digitálnych vstupov. Na zmeranie digitálnych vstupov používame funkciu *Read\_Digital\_Inputs*, ktorej vstupný parameter je vyššie spomínaná štruktúra. Táto funkcia najskôr priradí digitálne vstupy jednotlivým GPIO portom a ich pinom, nastaví ich funkciu a následne sa zapíšu hodnoty digitálnych vstupov do štruktúry.

## 6.9 SD Karta

Ako záložné médium nameraných dát bola navrhnutá SD MMC karta. Kartú je možné pripojiť k DISCOVERY Kitu pomocou dvoch rozhraní. Jedným je SDIO a druhým SPI. V našom dataloggeri je karta pripojená na SPI5. Podporné knižnice pre prácu s formátovým systémom FAT sú dostupné na webových stránkach [21]. V kombinácii z knižnicami [19] určenými pre prácu s DISCOVERY Kitom je možné pracovať so súbormi na karte. Podporované formáty SD karty sú FAT16 a FAT32.

Na začiatok je potrebné si definovať, či máme pripojenú kartu pomocou SDIO alebo SPI. V našom prípade to bude:



```

#define FATFS_USE_SDIO          0
#define FATFS_SPI               SPI5
#define FATFS_SPI_PINSPACK      TM_SPI_PinsPack_1
#define FATFS_CS_PORT           GPIOA
#define FATFS_CS_PIN            GPIO_Pin_3

```

Ďalej je potrebné definovať SPI, na ktorej je karta pripojená, pin a port kde máme pripojený CS. Pre pripojenie SD karty použijeme funkciu *f\_mount*, ktorej vstupné parametre sú:

- *FATS\*fs* (ukazateľ na nový objekt súborového systému, ktorý má byť registrovaný)
- *const TCHAR\* path* (ukazateľ na názov pripojenej jednotky)
- *BYTE opt* (možnosť pripojenia karty hneď alebo neskôr)

Keďže máme pripojenú len kartu, tak názvy pre kartu môžu byť:

- prázdny reťazec
- reťazec *0:*
- reťazec *SD:*

Táto funkcia nám spätne vráti stav, či sa podarilo kartu pripojiť alebo číslo chyby, podľa ktorej môžeme zistiť problém.

Ďalšia operácia s kartou je otvorenie súboru na karte alebo vytvorenie, pokiaľ nie je vytvorený. Na to použijeme funkciu *f\_open*. Parametrami tejto funkcie sú ukazateľ typu *FIL* kam sa má súbor načítať, reťazec s názvom súboru a prístupové práva pre tento súbor. Tie môžu byť:

- *FA\_READ* (právo na čítanie súboru)
- *FA\_WRITE* (právo na zapisovanie do súboru)
- *FA\_OPEN\_EXISTING* (otvorenie súboru pokiaľ existuje)
- *FA\_OPEN\_ALWAYS* (otvorenie súboru pokiaľ existuje, ak nie tak vytvorí súbor)
- *FA\_CREATE\_NEW* (vytvorenie nového súboru ak neexistuje)
- *FA\_CREATE\_ALWAYS* (vytvorenie súboru, ak existuje bude prepísaný)

Keď máme súbor načítaní, tak môžeme do neho zapisovať pomocou funkcie *f\_puts*, ktorej vstupné parametre sú reťazec, ktorý chceme zapísať a ukazateľ na súbor, do ktorého to chceme zapísať. Po dokončení prác so súborom je potrebné súbor zatvoriť. Na to použijeme funkciu *f\_close*. Parameter tejto funkcie je ukazateľ na súbor, ktorý zatvárame. Ako posledné použijeme znovu funkciu *f\_mount*, kde použijeme ako prvý parameter 0, čo znamená, že karta bude odpojená.

Funkčnosť činnosti práce s SD kartou sa nám nepodarila overiť, pretože ako sme chceli kartu pripojiť, tak nám vrátilo chybu *INVALID FAT VOLUME*. Boli otestované viaceré SD karty so všetkými formátovacími systémami, zmena zapojenia SD karty, čo sa týka komunikačných pull-up rezistorov, ale zmena nenastala. Komunikáciu sme

overovali na osciloskope a logickom analyzátore, kde všetko fungovalo správne, ale karta sa nepripojila.

## 6.10 Ethernet

DISCOVERY Kit s procesorom STM32F429ZIT6 má v sebe implementovaný ethernet, ktorý dokáže pracovať ako server a klient. Používa odľahčenú verziu TCP/IP stacku, LwIp TCP/IP, ktorá je vyvinutá práve pre takéto systémy. Táto verzia protokolu je vhodná pre systémy s desiatkami kilobajtov voľnej pamäte RAM a s miestom pre približne 40 kB kódu.

Aby ethernet fungoval, tak je potrebné ku kitu pripojiť fyzickú vrstvu ethernetu. Túto vrstvu nám zabezpečuje vyššie spomínaný modul s integrovaným obvodom LAN8720A. Modul je pripojený pomocou RMII, ako môžeme vidieť na Obr. 4-4.

V našom dataloggeri budeme používať dostupnú ethernetovú knižnicu z webových stránok *tm\_stm32f4\_ethernet.h* [19].

V súbore *defines.h* je potrebné si určiť základné nastavenie siete. Každé zariadenie v sieti musí mať svoju MAC adresu. Tú si spolu s IP adresou, maskou podsiete a brány zadefinujeme v tomto súbore. IP adresu budeme používať statickú. To znamená, že nebudeme používať DHCP. Posledné, čo si nadefinujeme, je meno zariadenia, pod ktorým bude vystupovať zariadenie v routri.

Jednou zo základných častí webserveru je klient. Pomocou klienta môžeme prijímať a posilať dáta na server. Vo vyššie uvedenej knižnici je uvedená funkcia *TM\_ETHERNETCLIENT\_Connect*, na pripojenie klienta na server. Funkcia nám vráti, či sa podarilo nadviazať spojenie.

Ďalšou časťou je samotný server, ktorý na začiatku nie je povolený. Ak ho chceme používať, tak ho najskôr musíme povoliť. Serveru je potrebné určiť, ktorý port bude používať.

Na zobrazenie hodnôt z dataloggera na webovú stránku používame SSI tagy. Tieto tagy máme nadefinované v poli. Podľa ich indexu vieme, o akú premennú ide. Funkcia *TM\_ETHERNETSERVER\_SSICallback*, ktorá na základe tohto indexu vráti údaj v html jazyku.

Na ovládanie dataloggera z webovej stránky používame CGI Handlery. Tieto handlery sú volané, keď pristupujeme na URL, ktoré končí príponou *.cgi*.

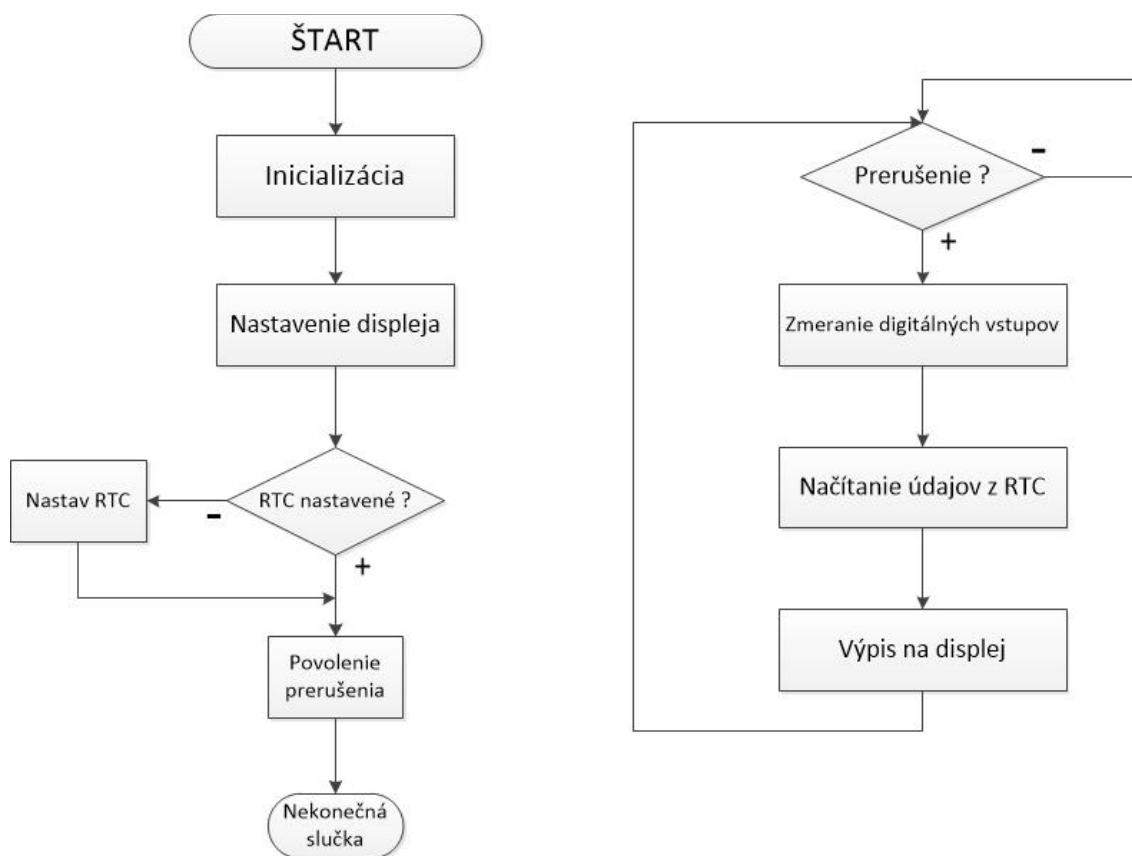
Ethernet beží v nekonečnej slučke, kde sa každú 1 ms aktualizuje, keby prišla nejaká nová požiadavka.

Komunikácia pomocou ethernetu sa nám nepodarila sfunkčniť, pretože boli zistené chyby od výrobcu DISCOVERY Kitu. Na základe odporúčaní výrobcu, sme sa snažili funkčnosť obnoviť odstránením niektorých častí kitu. Avšak ani po týchto úpravách nedošlo k požadovanej zmene a aplikácia je naďalej nefunkčná [22] [23].

## 7 TEST FUNKČNOSTI

### 7.1 Hlavný program main

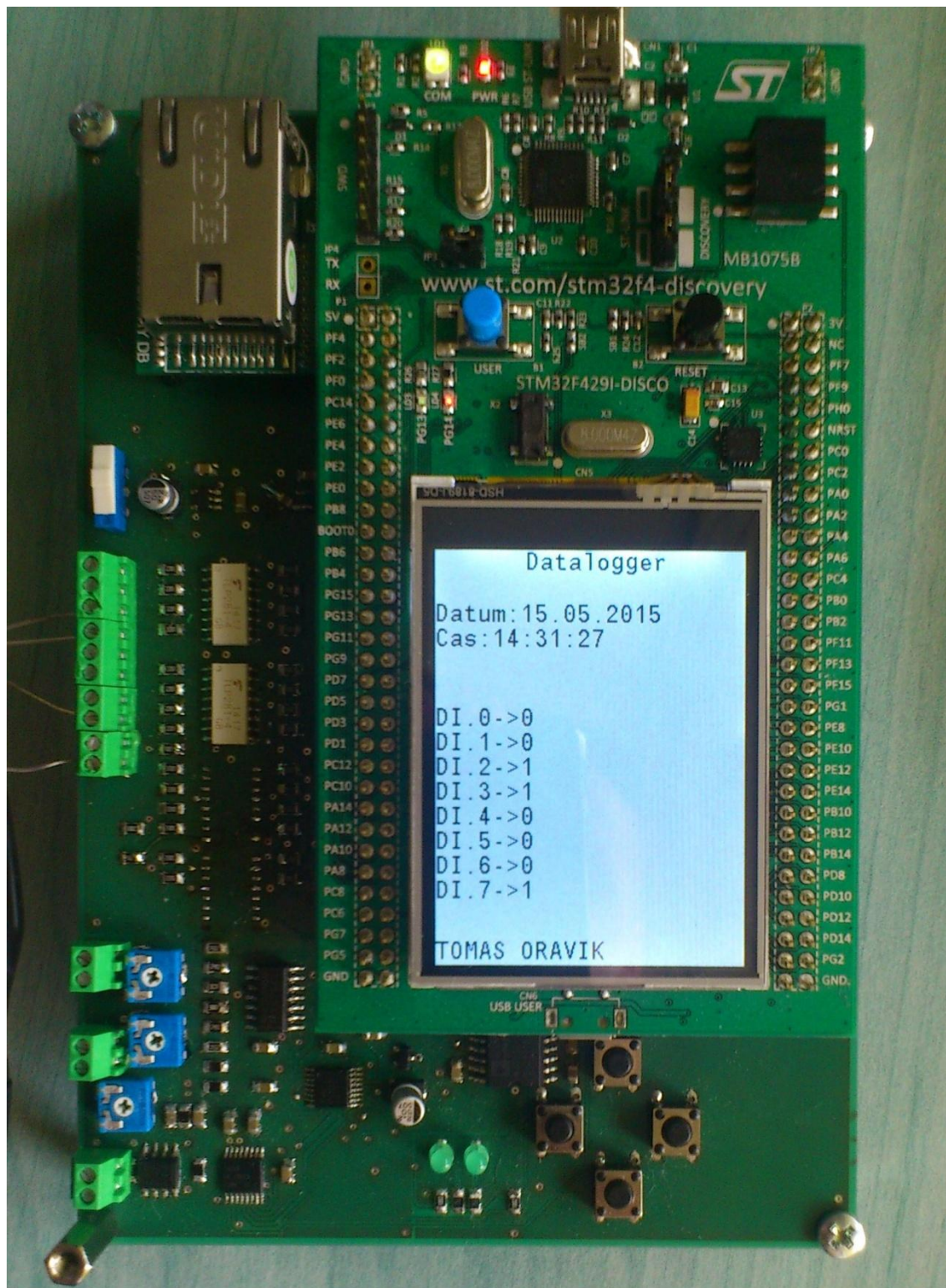
Pre vyššie uvedené komplikácie sa nám nepodarilo sfunkčniť všetky komponenty. Na začiatku programu prebehnú inicializačné funkcie ako inicializácia kitu, inicializácia hodín reálneho času a displeja. Ďalej nasledujú funkcie nastavenie orientácie displeja, nastavenie hodín a dátumu pokiaľ došlo k strate napájania a povolenie prerušenia od RTC. Prerušenie máme nastavené každú sekundu. Keď príde prerušenie, tak sa zavolá funkcia na zmeranie digitálnych vstupov a funkcia na zaznamenanie času. Následné sa tieto údaje zobrazia na displej. Vývojový diagram hlavnej funkcie je možné vidieť na Obr. 7-1.



Obr. 7-1 Vývojový diagram

## 7.2 Funkčnosť dataloggeru

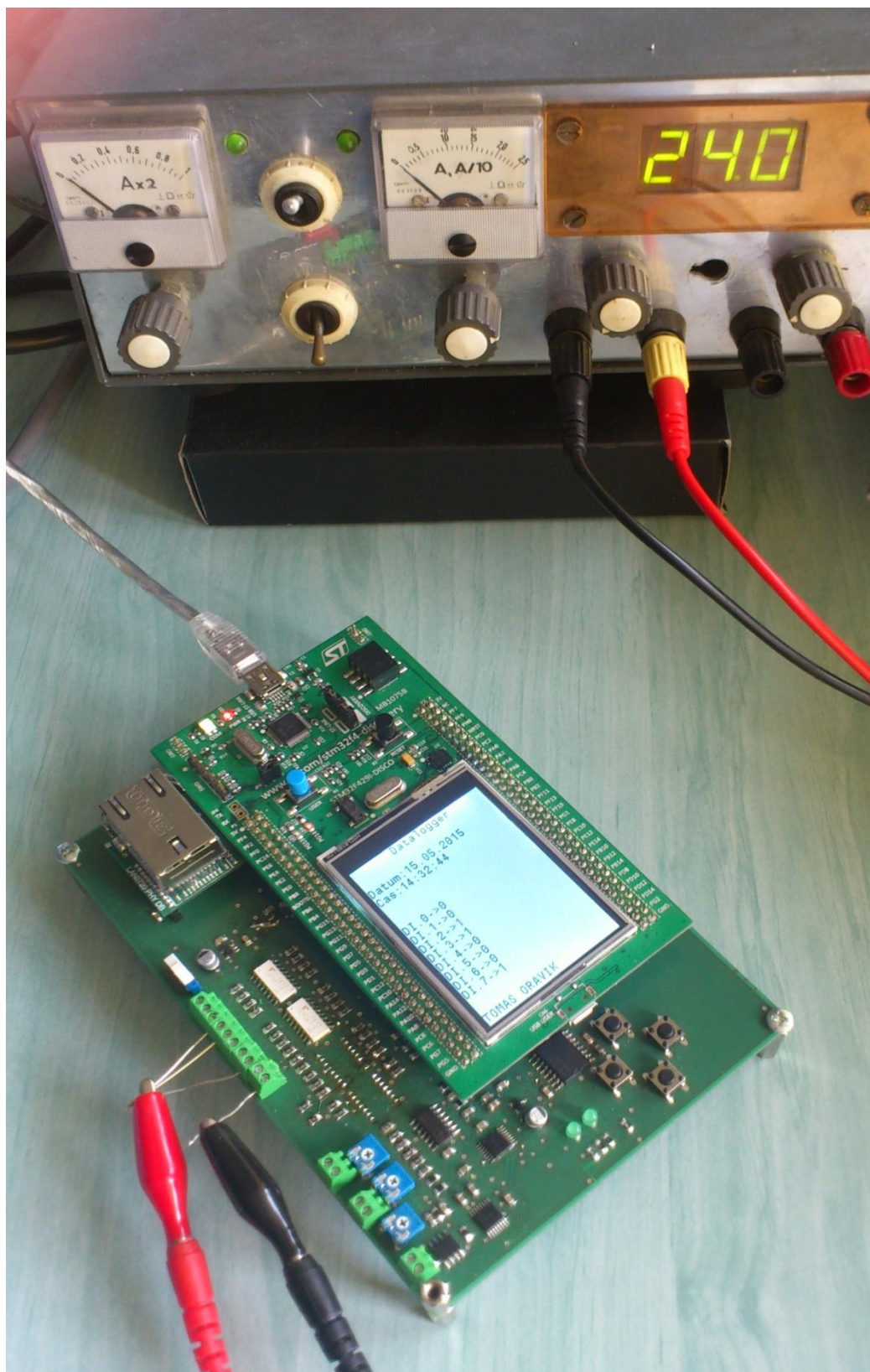
Funkčnosť dataloggeru podľa vyššie uvedeného vývojového diagramu môžeme vidieť na Obr. 7-2.



Obr. 7-2 Funkčnosť dataloggeru



Pre overenie správnosti návrhu je na digitálne vstupy 2,3 a 7 pripojené jednosmerné napätie 24 V (Obr. 7-3).



Obr. 7-3 Pripojenie 24V na digitálne vstupy

## 8 ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bolo navrhnuť Datalogger s Ethernet rozhraním. Ako riadiaci člen celého dataloggeru bol použitý DISCOVERY KIT s procesorom STM32F429ZIT6 s jadrom Cortex – M4 od STMicroelectronics. Komunikáciu pomocou Ethernetov rozhrania zabezpečuje klipový modul s čipom LAN8720A od firmy Microchip.

Datalogger je vybavený ôsmymi digitálnymi vstupmi pre napätie 24 V, dvoma napäťovými analógovými vstupmi z rozsahmi napätí 0 – 5 V a 0 – 10 V a jedným prúdovým analógovým vstupom 4 – 20 mA. Tieto vstupy sú upravené na napätie s vhodným rozsahom pre AD prevodník ADS8330.

Ďalej obsahuje 4 ovládacie tlačidlá, slot na SD kartu, kde sa budú namerané dáta ukladať, externý zdroj batériu, nabíjacie obvody a stabilizačné obvody pre úpravu napájania.

Datalogger je navrhnutý na dosku plošných spojov s rozmermi 100,95 x 145,09 mm v programe Eagle. Všetky súčiastky sú umiestnené vo vrchnej strane dosky. Osadzované boli ručne. Následne boli všetky komponenty oživené.

Datalogger bol programovaný vo vývojovom prostredí Keil: MDK-ARM, ktoré malo obmedzenú veľkosť kódu, čo nám robilo problémy, pretože použité knižnice boli veľké.

Pri vypracovávaní dataloggeru nastalo niekoľko problémov, a preto sa nám nepodarilo splniť celé zadanie. Problém neúspešného sfunkčnenia komunikácie prevodníkov bol zapríčinený nevhodným návrhom galvanického oddelenia (optočlen), ktorý na požadovanej minimálnej frekvencii SPI 1 MHz nedokázal pracovať. Ďalším problémom bolo nefunkčné pripojenie SD karty, ktorého príčina nebola zistená. Problém z komunikáciou ethernet bol zapríčinený chybou výrobcu. Pri menších úpravách DISCOVERY Kitu, ktoré boli nevyhnutné pre chod ethernetovej komunikácie, sa nepodarilo komunikáciu sfunkčniť. Riešením problému nevhodného galvanického oddelenia by bol výber oddelenia, ktorý by dokázal komunikovať s frekvenciou 1 MHz. Riešením problému s SD kartou by mohlo byť pripojenie karty nie po SPI ale pomocou SDIO. Ethernetový problém by sa dal vyriešiť zmenou DISCOVERY Kitu o triedu nižšieho, kde by nebol displej, alebo pripojením ethernetového modulu, ktorý by komunikoval z DISCOVERY Kitom po SPI. Pre všetky tieto riešenia by musel byť urobený nový návrh dosky plošných spojov, pretože s touto doskou by to nebolo možné zapojiť.

Preto datalogger obsahuje iba program, ktorý nám meria digitálne vstupy. Hodnoty vstupov následne s časovým údajom vypisuje na displej dataloggeru.

Keby neboli zistené vyššie uvedené problémy, tak by datalogger obsahoval jednoduchý web server, cez ktorý by bolo možné datalogger ovládať a namerané údaje by boli načítané z SD karty na tento webový server.

# LITERATÚRA

- [1] Data logger. In: Wikipedia: The Free Encyclopedia [online]. 2001-, 19.12.2014 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_logger](http://en.wikipedia.org/wiki/Data_logger)
- [2] VÁGNER, Martin. Malý datalogger s flash kartou [online]. Brno, 2008 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=7309](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=7309). Bakalárska práca. VUT Brno.
- [3] ČEJKA M.: Měření v elektrotechnice. VUT, Brno 2002
- [4] Miroslav Novák .com. DataLogger [online]. 2012 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: [http://www.miroslavnovak.com/datalogger\\_cz.php](http://www.miroslavnovak.com/datalogger_cz.php)
- [5] STM32F429xx: Datasheet [online]. 2014 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/DM00071990.pdf>
- [6] UM1662: User manual [online]. 2013 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: [http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/user\\_manual/DM00092920.pdf](http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/user_manual/DM00092920.pdf)
- [7] LAN8720 PHY: Datasheet [online]. 2013. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1812610.pdf>
- [8] LAN8720A PHY Daughter Board. 2014. *MICROCHIP* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.microchip.com/DevelopmentTools/ProductDetails.aspx?PartNO=AC320004-3>
- [9] TLP283, TLP283-4: Datasheet [online]. 2007 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.mouser.com/ds/2/408/4197-54115.pdf>
- [10] TLV2764: Datasheet [online]. 2000 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlv2764.pdf>
- [11] ADS8330: Datasheet [online]. 2006 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads8330.pdf>

- [12] REF2925: Datasheet [online]. 2002 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ref2925.pdf>
- [13] TSP3619-33: Datasheet [online]. 2001 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps3619-33.pdf>
- [14] BQ24090: Datasheet [online]. 2010 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq24090.pdf>
- [15] 3-Pin Supply Voltage Supervisors: Datasheet [online]. 2012. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlv809k33.pdf>
- [16] TPS79333-Q1: Datasheet [online]. 2003 [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps79333-q1.pdf>
- [17] Isolated, 5 kV, DC-to-DC Converter: Datasheet [online]. 2013. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADuM6000.PDF>
- [18] STM32F429xx [online]. 2015. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/DM00071990.pdf>
- [19] STM32F4 DISCOVERY [online]. 2015. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://stm32f4-discovery.com/>
- [20] Reference manual [online]. 2015. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: [http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/reference\\_manual/DM00031020.pdf](http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/reference_manual/DM00031020.pdf)
- [21] FatFs - Generic FAT File System Module [online]. 2015. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: [http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_e.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html)
- [22] Connecting to Ethernet on the STM32F429 Discovery [online]. 2015. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.emcraft.com/stm32f429discovery/connecting-to-ethernet-on-stm32f429>
- [23] Library 52- Ethernet peripheral on STM32F4xx [online]. 2015. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://stm32f4-discovery.com/2015/02/library-52-ethernet-peripheral-on-stm32f4xx/>



# **ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV**

SD	Secure Digital
USB	Universal Serial Bus
PC	Personal Computer
CAN	Controller Area Network
A/D	Analógovo digitálny
LCD	Liquid - Crystal Display
RTC	Real Time Clock
FPU	Floating - Point Unit
CPU	Central Processng Unit
RAM	Random Access Memory
SRAM	Static Random Access Memory
TFT	Thin Film Transistor
FIFO	First In First Out
RGB	Red Green Blue
SPI	Serial Peripheral Interface
LAN	Local Area Network
RMII	Reduced Media Independent Interface
MOSI	Master Output Slave Input
MISO	Master Input Slave Output
CLK	Clock
EN	Enable
GPIO	General Purpose Input Output
APB	Advanced Peripheral Bus
SCK	Clock
CS	Chip Select
CONVST	Conversion Start
CMR	Command Register
CFR	Configuration Register
INT	Interrupt
EOC	End Of Conversion
MMC	Multi Media Card
SDIO	Secure Digital Input Output
LWIP	Lightweight Internet Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
SSI	Server Side Includes
CGI	Common Gateway Interface
URL	Uniform Resource Locator

# ZOZNAM PRÍLOH

- A Zoznam súčiastok
- B Schéma zapojenia
- C Návrh plošného spoja TOP, BOTTOM
- D Osadzovací plán súčiastok
- E Fotodokumentácia
- F CD

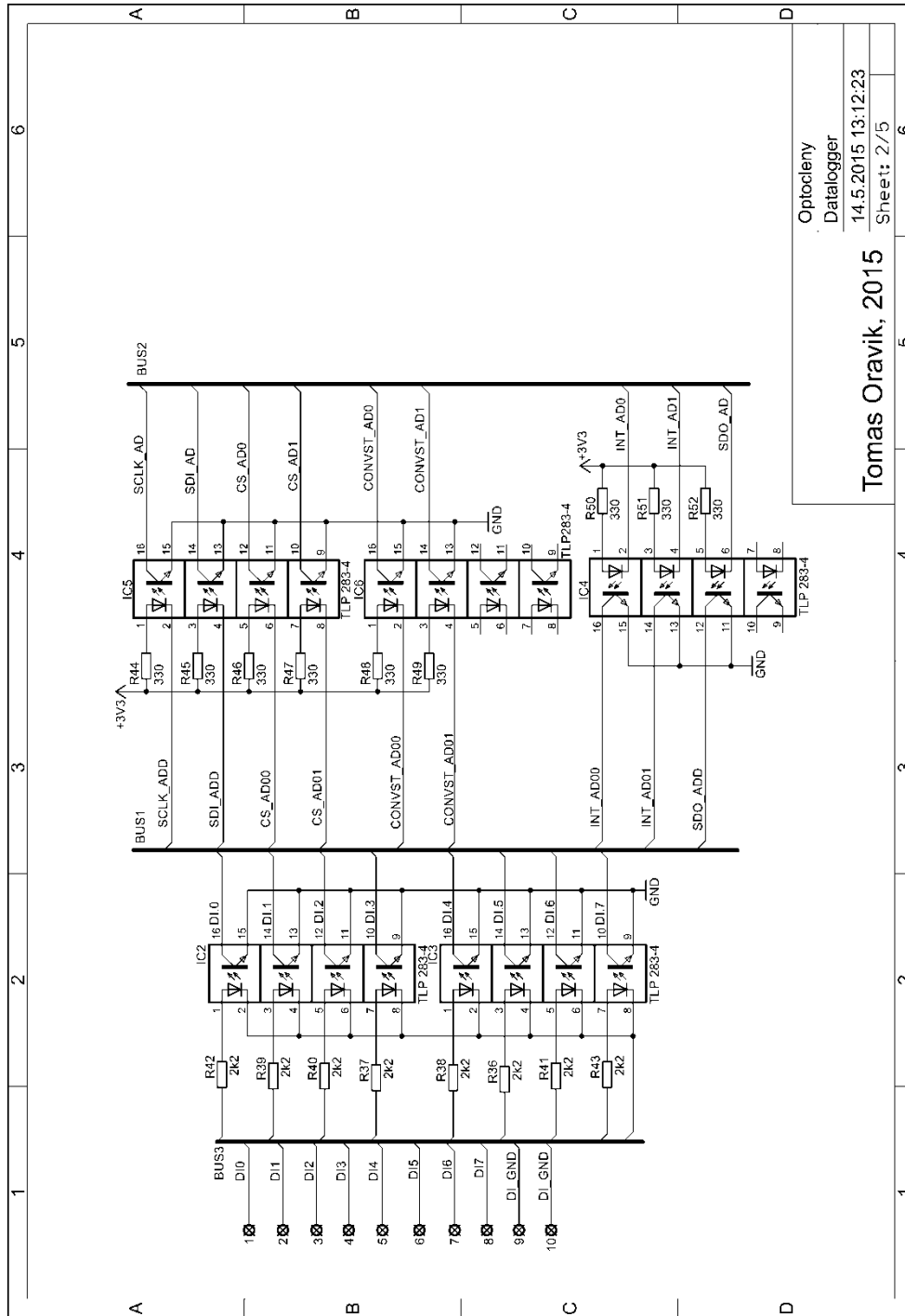
## A. Zoznam súčiastok

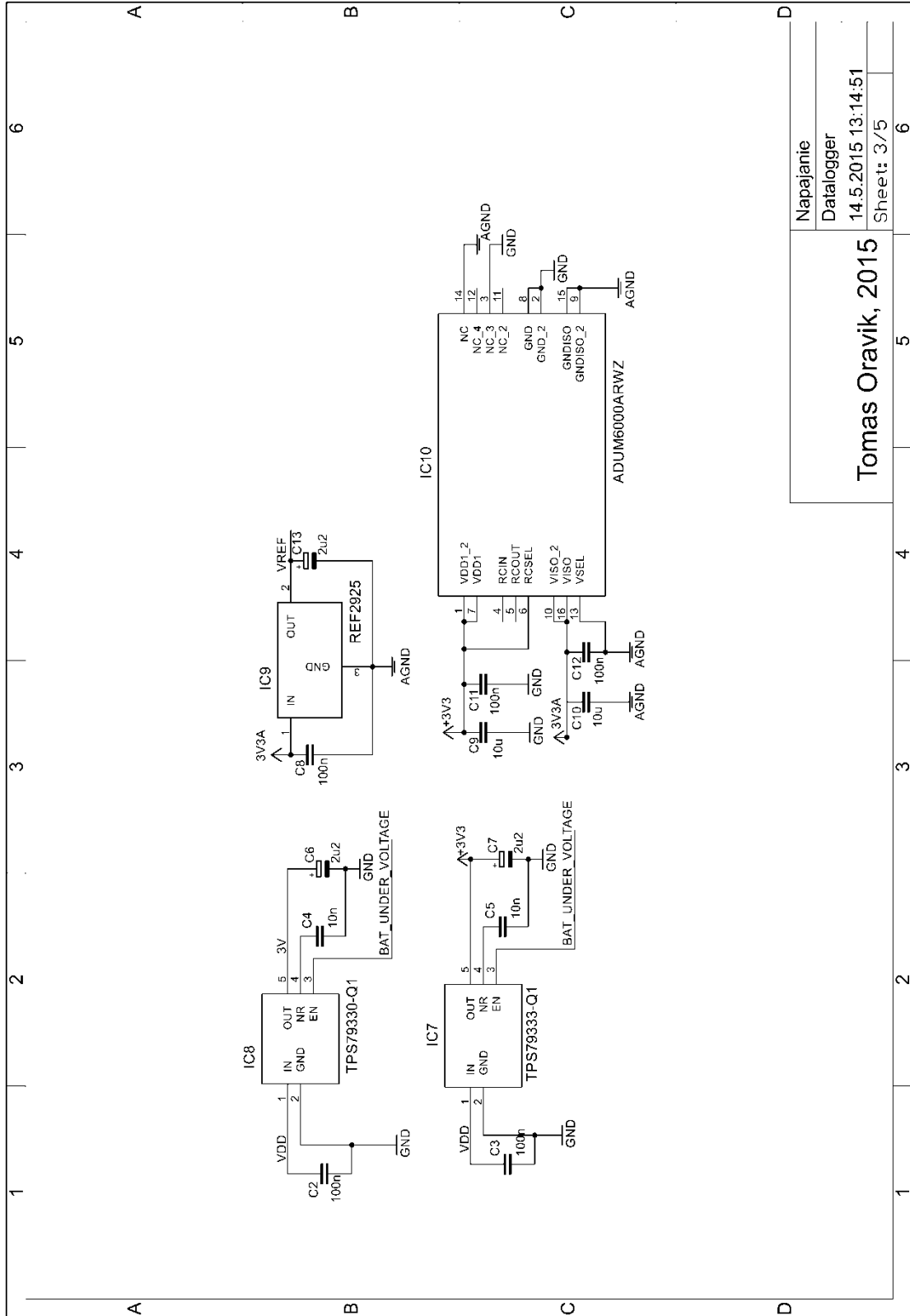
Súčiastka	Počet	Hodnota	Púzdro
Konektor pre batériu	1		JST
LED1, LED2, LED3, LED4	4		LED3mm
ETH_CON_L, ETH_CON_R	2		MA08-1
P1_1, P2_1	2		2X02
P1_0, P2_0	2		2X30
R70 – R75	6	10	R0805
R3 - R35, R61 – R69	42	10k	R0805
C1, C2, C3, C8, C11, C12, C14, C29	8	100n	C0805
C4, C5	2	10n	C0805
C9, C10	2	10u	R0805
R76	1	330	R0805
R55, R56, R57	3	1k	R0805
R59	1	1k2	R0805
R60	1	1k3	R0805
C15, C16	2	1u	C0805
C17, C19	2	22u	C0805
R77, R79	2	24k9	R0805
R82, R84, R85	3	250	CA6V
R83	1	25k	R0805
R58	1	2k	R0805
R36 – R43	8	2k2	R0805
C6, C7, C13	3	2u2	UD-4X5,8_NICHICON
R44 – R52	9	330	R0805
R78, R80	2	470	R0805
C23 - C28	5	47nf	C0805
R54	1	470k	R0805
C18, C20 – C22	4	4u7	C0805
R53	1	590k	R0805
R1,R2	2	750	R0805
R81	1	75k	R0805

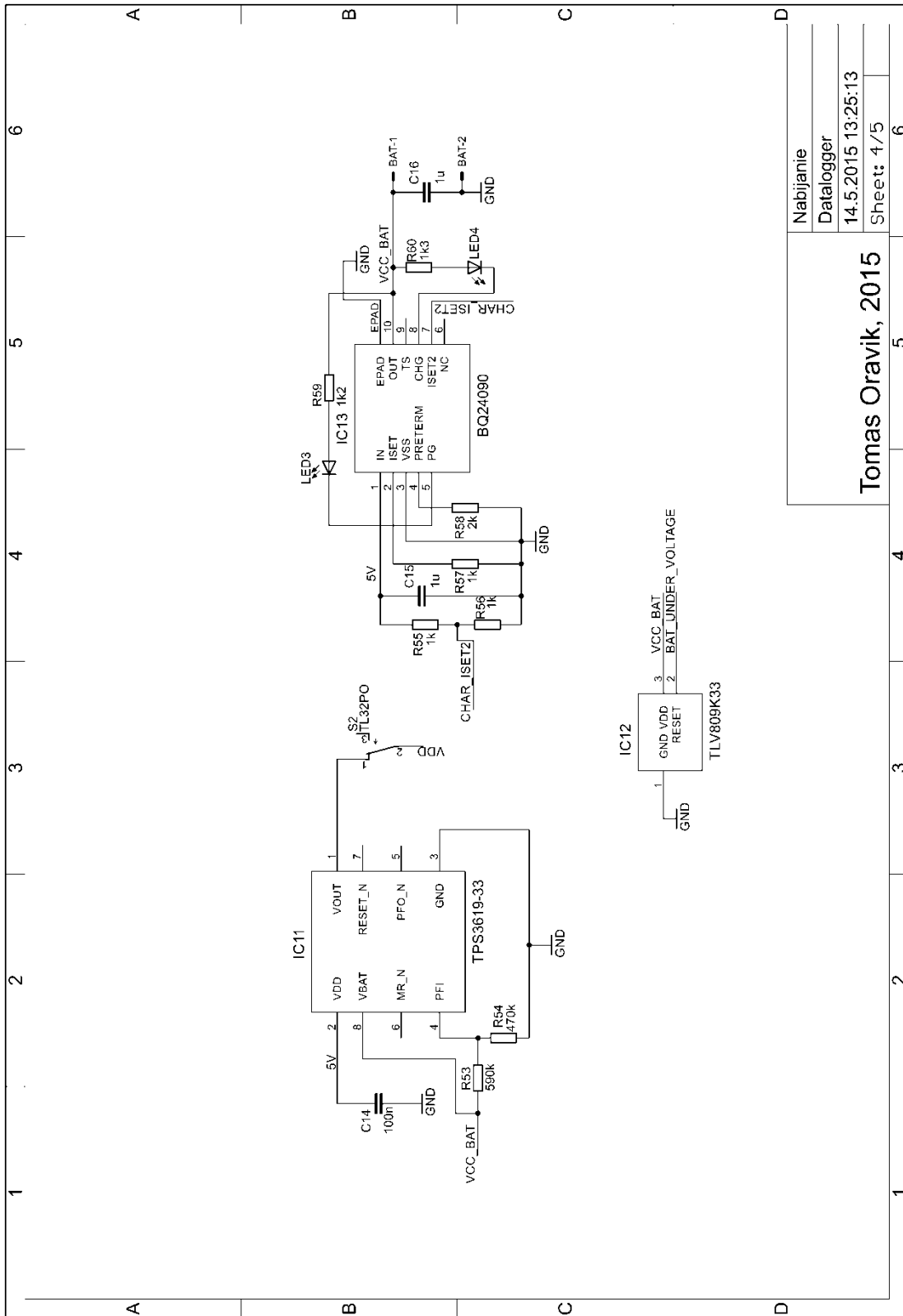
Súčiastka	Počet	Hodnota	Púzdro
IC14, IC15	2	ADS8330	PW16
IC13	1	BQ24090	DGQ10_1P57X1P88
IC10	1	ADUM6000	RW_16
IC9	1	REF2925	SOT23_PAC
IC1	1	SDCARDVAR2	SDCMF-10915W010
S2	1	SWS001	SMS-001
TL1, TL2, TL3, TL4	4		
IC2, IC3, IC4, IC5, IC6	5	TLP 283-4	MINI_FLAT16_PAC
IC16	1	TLV2762	D8
IC17	1	TLV2764	SO14-PAC
IC12	1	TLV809K33	SOT23_PAC
IC11	1	TPS3619-33	MSOP8
IC8	1	TPS79330-Q1	DBV5
IC7	1	TPS79333-Q1	DBV5

The schematic diagram illustrates a USB-to-serial adapter circuit. It is divided into four main sections: A, B, C, and D.

- Section A:** Shows the power supply and LED indicators. It includes a 3V3 power source connected to a 750Ω resistor (R1) and a 750Ω resistor (R2). The LEDs (LED1, LED2) are connected to the power source through 10kΩ resistors (R3, R25).
- Section B:** Shows the IC1 SDCARDVAR2 and the USB connector (P1). The IC1 is connected to the USB connector pins. The USB connector pins are labeled: 1 (D+), 2 (D-), 3 (GND), 4 (D+), 5 (D-), 6 (GND), 7 (D+), 8 (D-), 9 (GND), 10 (D+), 11 (D-), 12 (GND), 13 (D+), 14 (D-), 15 (GND), 16 (D+), 17 (D-), 18 (GND), 19 (D+), 20 (D-), 21 (GND), 22 (D+), 23 (D-), 24 (GND), 25 (D+), 26 (D-), 27 (GND), 28 (D+), 29 (D-), 30 (GND), 31 (D+), 32 (D-), 33 (GND), 34 (D+), 35 (D-), 36 (GND), 37 (D+), 38 (D-), 39 (GND), 40 (D+), 41 (D-), 42 (GND), 43 (D+), 44 (D-), 45 (GND), 46 (D+), 47 (D-), 48 (GND), 49 (D+), 50 (D-), 51 (GND), 52 (D+), 53 (D-), 54 (GND), 55 (D+), 56 (D-), 57 (GND), 58 (D+), 59 (D-), 60 (GND).
- Section C:** Shows the serial connector (P2) and the LED indicators. The serial connector pins are labeled: 1 (TX), 2 (RX), 3 (GND), 4 (TX), 5 (RX), 6 (GND), 7 (TX), 8 (RX), 9 (GND), 10 (TX), 11 (RX), 12 (GND), 13 (TX), 14 (RX), 15 (GND), 16 (TX), 17 (RX), 18 (GND), 19 (TX), 20 (RX), 21 (GND), 22 (TX), 23 (RX), 24 (GND), 25 (TX), 26 (RX), 27 (GND), 28 (TX), 29 (RX), 30 (GND), 31 (TX), 32 (RX), 33 (GND), 34 (TX), 35 (RX), 36 (GND), 37 (TX), 38 (RX), 39 (GND), 40 (TX), 41 (RX), 42 (GND), 43 (TX), 44 (RX), 45 (GND), 46 (TX), 47 (RX), 48 (GND), 49 (TX), 50 (RX), 51 (GND), 52 (TX), 53 (RX), 54 (GND), 55 (TX), 56 (RX), 57 (GND), 58 (TX), 59 (RX), 60 (GND).
- Section D:** Shows the power supply and LED indicators. It includes a 3V3 power source connected to a 750Ω resistor (R1) and a 750Ω resistor (R2). The LEDs (LED1, LED2) are connected to the power source through 10kΩ resistors (R3, R25).



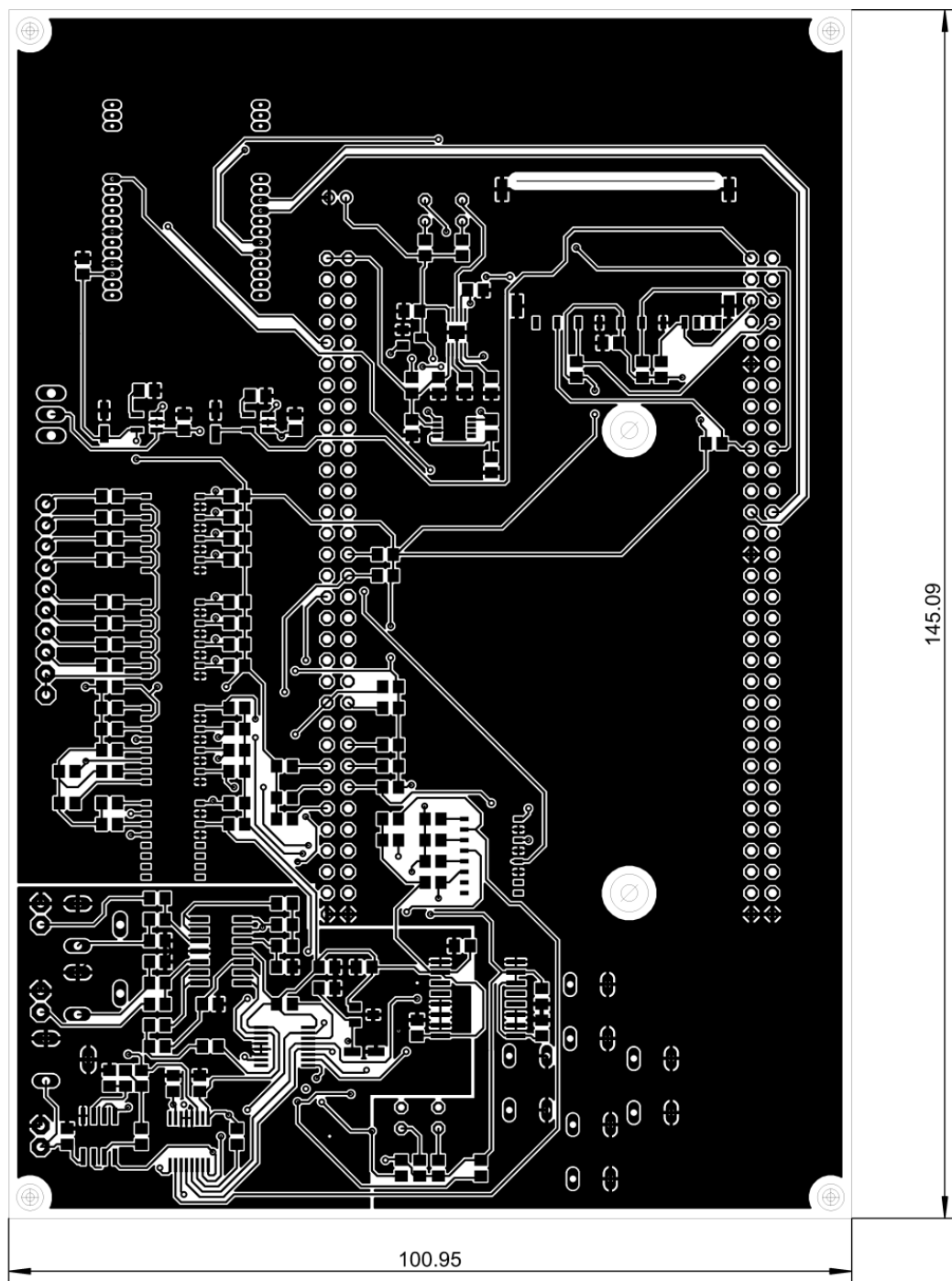


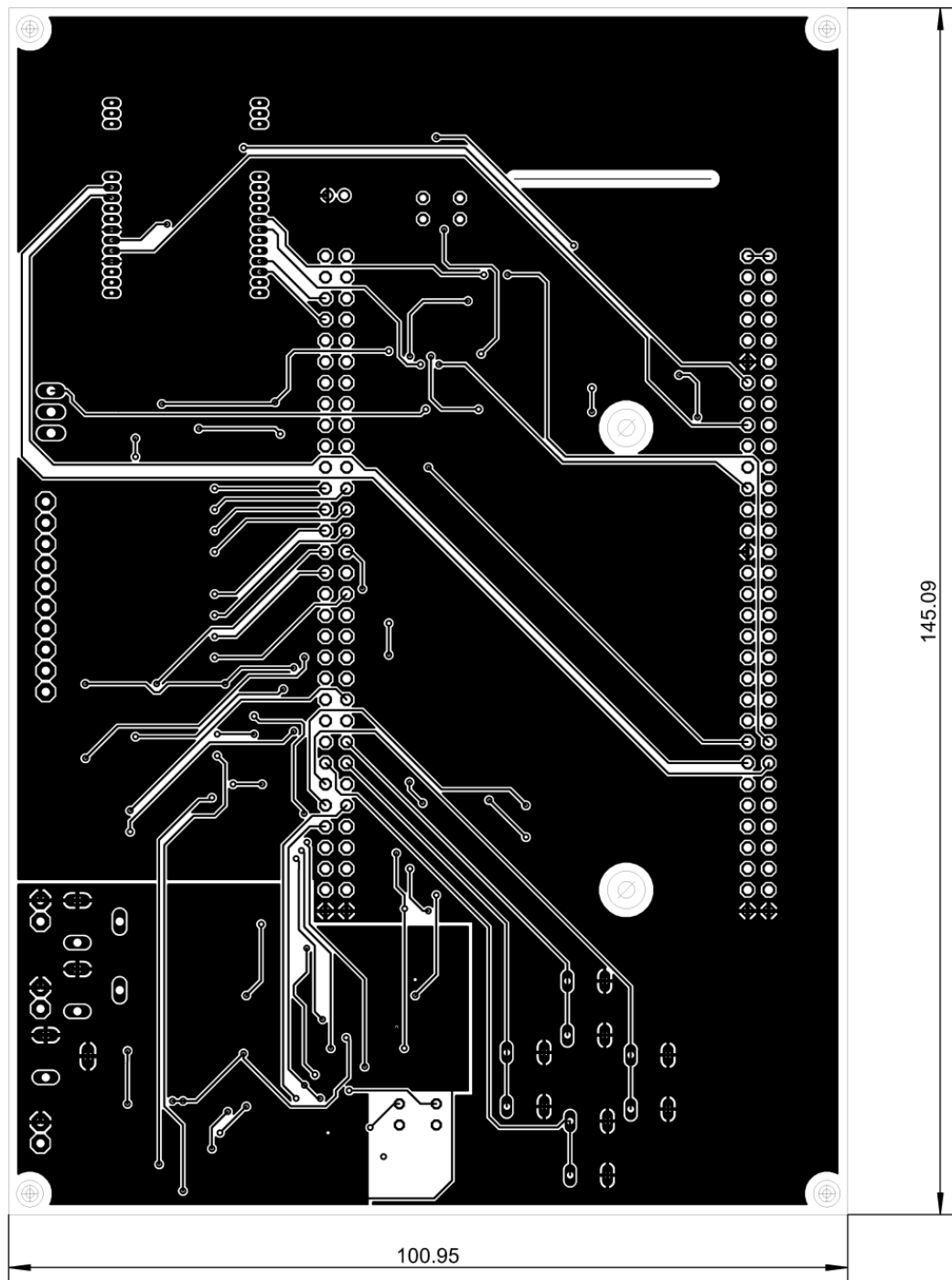




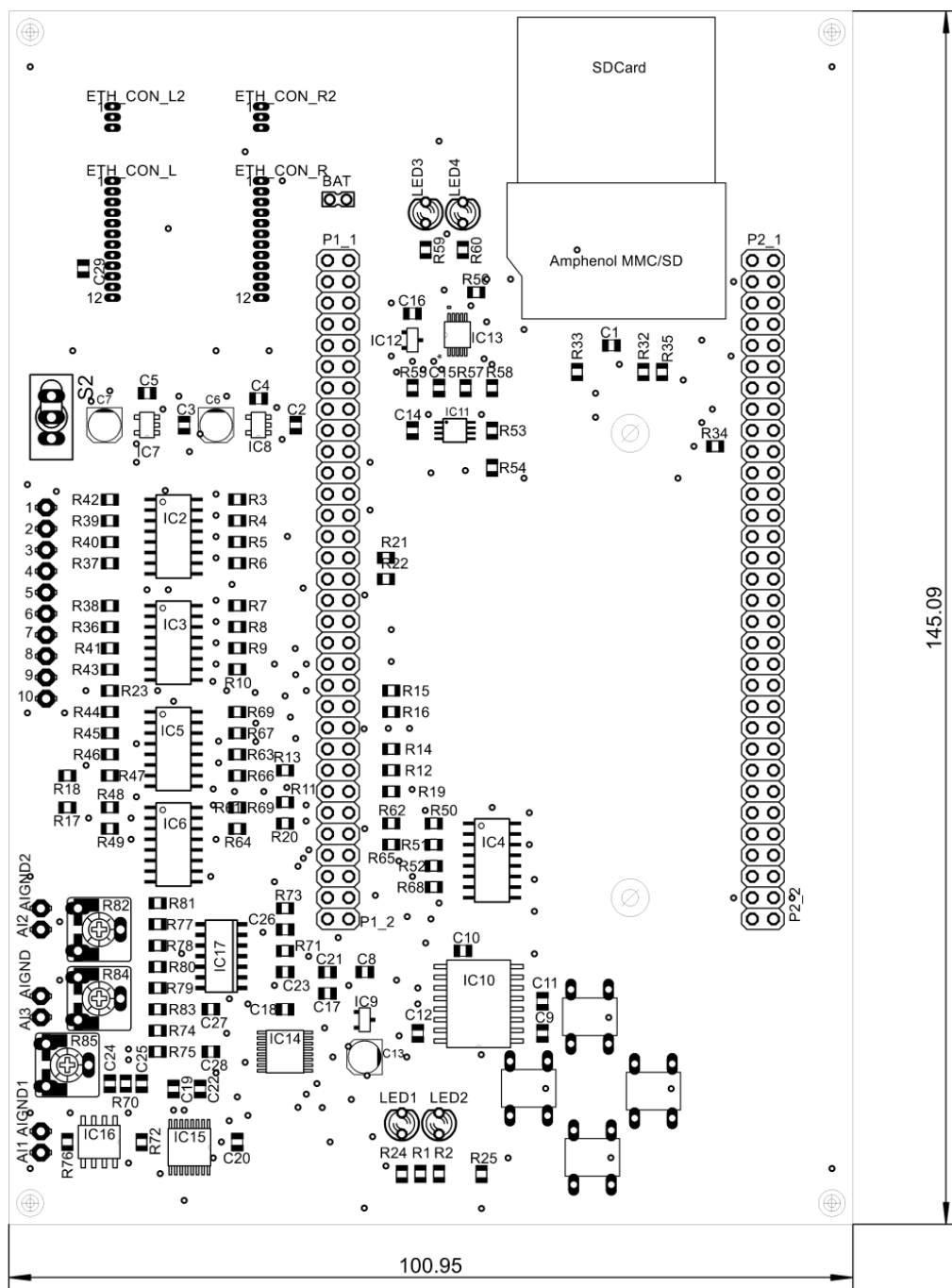


### C. Návrh plošného spoja TOP, BOTTOM





## D. Osadzovací plán súčiastok



## E. Fotodokumentácia

